



TUGAS AKHIR – TM141585

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH KOMPOSISI PELET
BIOKOMPOSIT (*POLYPROPYLENE*, SERAT SISAL DAN
MALEIC ANHYDRIDE POLYPROPYLENE) TERHADAP
SIFAT THERMAL DAN STRUKTUR POTONGAN
MELINTANG UNTUK Mencari Material Alternatif
Produk Plastik**

**MUH. ARIF WISNU AJI
NRP. 2112.100.080**

**Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



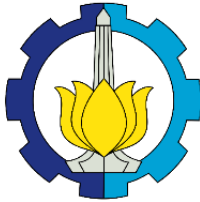
TUGAS AKHIR – TM141585

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH KOMPOSISI
PELET BIOKOMPOSIT (*POLYPROPYLENE*, SERAT
SISAL DAN *MALEIC ANHYDRIDE*
POLYPROPYLENE) TERHADAP SIFAT THERMAL
DAN STRUKTUR POTONGAN MELINTANG
UNTUK Mencari Material Alternatif
PRODUK PLASTIK**

**MUH. ARIF WISNU AJI
NRP.2112.100.175**

**Pembimbing:
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT – TM141585

**EXPERIMENTAL STUDY OF BIOCOMPOSITE
PELLET VARIATION ON COMPOSITION
(POLYPROPYLENE, SISAL FIBER AND MALEIC
ANHYDRIDE POLYPROPYLENE) TO THERMAL
PROPERTIES AND CROSS SECTION STRUCTURE
TO SEEK PLASTIC ALTERNATIVE MATERIAL**

**MUH. ARIF WISNU AJI
NRP.2112.100.175**

**Academic Supervisor:
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL ENGINEERING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH KOMPOSISI
PELET BIOKOMPOSIT (*POLYPROPYLENE*, SERAT
SISAL DAN *MALEIC ANHYDRIDE*
POLYPROPYLENE) TERHADAP SIFAT THERMAL
DAN STRUKTUR POTONGAN MELINTANG
UNTUK MENCARI MATERIAL ALTERNATIF
PRODUK PLASTIK**

Nama Mahasiswa : Muh. Arif Wisnu Aji
NRP : 2112100175
Jurusan : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Prof. Dr.Ing.Ir. I Made Londen
Batan, M.Eng.

ABSTRAK

Pada tanggal 20 Oktober 2008 Badan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) melalui FAO mencanangkan tahun 2009 sebagai *International Year of Fibers*. Hal tersebut terkait dengan pemanfaatan berbagai serat alam menjadi sumber bahan baku dalam berbagai produk industri. Dengan pemanfaatan tersebut diharapkan dapat menanggulangi dua hal yaitu sebagai solusi terhadap perubahan iklim dan dampaknya terhadap kelestarian lingkungan. Serat sisal (*Agave Sisallana Perrine*) dipilih karena memiliki kekuatan yang baik dan elastis sehingga berpotensi sebagai bahan komposit yang murah, ringan dan kuat serta mudah dibudidayakan. Dengan mengkaji beberapa eksperimen yang dilakukan sebelumnya, masih perlu dilakukan eksperimen berkaitan dengan komposit serat sisal mengingat bahwa masih banyaknya biodiversitas serat alam yang ada di Indonesia, sedangkan eksperimen sebelumnya menghasilkan pelet

biokomposit serat sisal yang belum sempurna Data yang akan diambil dalam eksperimen adalah temperatur leleh serta prosentase *void* biokomposit sebagai properti yang penting dalam pemanfaatan serat sisal sebagai *filler* biokomposit.

Atas dasar permasalahan diatas maka dilaksanakan studi eksperimental pengaruh komposisi pelet biokomposit terhadap sifat thermal dan struktur potongan melintang. Metode yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah membuat campuran *Polypropylene* (PP), *Maleic Anhydride Polypropylene* (MAPP) dan Serat Sisal dengan komposisi sebagai berikut: Biokomposit A terdiri dari 90% material PP, 5% material serat sisal, dan 5% MAPP, biokomposit B terdiri dari 85% material PP, 10% serat sisal, 5% MAPP, biokomposit C terdiri dari 80% material PP, 15% serat sisal, 5% MAPP, biokomposit D terdiri dari 75% PP, 20% serat sisal, dan 5% MAPP. Bahan biokomposit kemudia dicetak sehingga berbentuk pelet. Selanjutnya pelet diukur temperatur lelehnya dengan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*). Kemudian dilanjutkan dengan pengamatan dengan mikroskop untuk melihat kualitas setiap pelet biokomposit berdasarkan prosentase *void*nya di laboratorium Metallurgi Teknik Mesin ITS.

Hasil yang didapatkan adalah bahwa setiap pelet dengan variasi komposisi memiliki titik leleh yang berbeda dan tidak bertambah seiring dengan penambahan komposisi serat sisal dengan titik leleh tertinggi yaitu biokomposit B pada 164.53°C. Prosentase *void* yang diperoleh beragam dan bertambah seiring dengan penambahan komposisi serat sisal pada biokomposit. Pelet dengan prosentase *void* terkecil adalah biokomposit A. Prosentase *void* pada pelet biokomposit dapat dikurangi dengan cara menambah waktu pemanasan material biokomposit serta penambahan tekanan dalam proses pembuatan pelet.

Kata kunci: *Polypropylene*, Serat Sisal, *Maleic Anhydride Polypropylene*, Biokomposit .

**EXPERIMENTAL STUDY OF BIOCOMPOSITE
PELLET VARIATION ON COMPOSITION
(POLYPROPYLENE, SISAL FIBER AND MALEIC
ANHYDRIDE POLYPROPYLENE) TO THERMAL
PROPERTIES AND CROSS SECTION STRUCTURE
TO SEEK PLASTIC ALTERNATIVE MATERIAL**

Name : Muh. Arif Wisnu Aji
Reg Number : 2112100175
Department : Mechanical Engineering
Academic Supervisor : Prof. Dr.Ing.Ir. I Made Londen
Batan, M.Eng.

ABSTRACT

On October 2008 the United Nations (UN) Agency through FAO declared 2009 as the International Year of Fibers. This related to the utilization of natural fibers as a source of raw materials in various industrial products. With the utilization is expected to cope with climate change and its impact on environmental sustainability. Sisal fiber (*Agave Sisallana Perrine*) is choosen because of its good strength, elasticity and its potential as a good, cheap, light and strong composite material. By examining experiments done before, its still needs to be done with sisal fibers considering the previous experiments are still incomplete. Data needs to be taken are melting temperature and void percentage as an important properties in the utilization of sisal fiber as a biocomposite filler.

Based on the problems above, experimental study of biocomposite pellet variation on composition to thermal properties and cross section structure are carried out. The method used in this

experiment is to make Polypropylene (PP), Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP) and Sisal Sisal with the following composition: biocomposit A consists of 90% PP material, 5% sisal fiber material and 5% MAPP, biocomposite B consists of 85% PP material, 10% sisal fiber, 5% MAPP, biocomposite C consists of 80% PP material, 15% sisal fiber, 5% MAPP, biocomposite D consists of 75% PP, 20% sisal fibers, and 5% MAPP. The biocomposite material is then molded to form a pellet. Further pellet measured melting temperature with DSC (Differential Scanning Calorimetry). Then proceed with microscope observation to see the quality of each biocomposite pellet based on the percentage of void in Metallurgy Laboratory of Mechanical Engineering ITS.

The result of this experiment is that each pellet with a variation of the composition has a different melting point and does not increase as the addition of sisal fiber composition with the highest melting point is B biocomposite at 164.53 ° C. The percentage of voids obtained varies and increases with the addition of sisal fiber composition to the biocomposite. Pellets with the smallest percentage of voids is biocomposite A. The percentage of voids in biocomposite pellets can be reduced by increasing the heating time of the biocomposite material as well as the addition of pressure in the pellet-making process.

Keywords: *Polypropylene, Sisal Fibers, Maleic Anhydride Polypropylene, Biocomposite.*

**STUDI EKSPERIMENTAL
PENGARUH KOMPOSISI BIOKOMPOSIT
(POLYPROPYLENE, SERAT SISAL DAN MALEIC
ANHYDRIDE POLYPROPYLENE)
TERHADAP SIFAT THERMAL DAN STRUKTUR
PERMUKAAN UNTUK Mencari Material
ALTERNATIF PRODUK PLASTIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUH. ARIF WISNU A.JI

NRP. 2112 100 175

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr.Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng. (Pembimbing)
NIP. 195811061986011002
2. Ir. Bambang Pramujati, M.Sc.Eng. Ph.D (Penguji I)
NIP. 196912031994031001
3. Dinny Harnany, ST, M.Sc (Penguji II)
NIP. 2100201405001
4. Indra Sidarta, ST, M.Sc (Penguji III)
NIP. 198006192006041004

SURABAYA

JULI, 2017

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur saya haturkan kehadirat Allah SWT Karena karunia-Nya penulis akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Komposisi Pelet Biokomposit (*Polypropylene*, Serat Sisal Dan *Maleic Anhydride Polypropylene*) Terhadap Sifat Thermal & Struktur Permukaan Untuk Mencari Material Alternatif Produk Plastik “. Tugas akhir ini disusun memenuhi salah satu persyaratan kelulusan pendidikan Sarjana S-1 di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberi semua anugrah, berkah dan hidayahnya kepada penulis.
2. Diri saya sendiri, Muh. Arif Wisnu Aji selaku penulis tugas akhir ini, karena segala usaha yang dilakukan sehingga telah dapat menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak M. Komarudin dan Ibu Sumini sebagai ayah dan ibu terbaik dalam hidup yang telah membantu secara materil, moral dan doa.
4. Prof. Dr.Ing Ir I Made Londen Batan dan Ibu Dinny Harnanny ST. MSc sebagai pembimbing dan co-pembimbing terbaik yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Ir Bambang Pramujati MSc.Eng, Phd dan Indra Sidharta S.T, MSc sebagai dosen penguji tugas akhir yang senantiasa memberikan masukan demi menghasilkan tugas akhir terbaik.
6. Dr. Ir. M. Nur Yuniarto sebagai dosen wali yang senantiasa memberi masukan dan membimbing penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.

7. Dwiyani Risa Dewi yang telah setia menjadi alasan, menemani serta memberi semangat penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman – teman Tim Penelitian Tugas Akhir Injection Mold; Ayek dan mas Hiding beserta teman – teman seperjuangan TA angkatan dan Lab yang membuat penulis termotivasi untuk menyelesaikannya.
9. Teman – teman Lab P3, Tuhtub, mas Rado, Deris, Teddy, Mas'ud, Agus, Nublai, Hapis, Toni, Fakrul, Nimas, Mario, Rambo, Agung, Wahyu, mas Boy, beserta teman – teman anggota lab lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
10. Semua saudara, relasi, link, alumni, junior serta teman – teman M55 dan SMRM yang mendukung Tugas Akhir ini.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Sekalipun Tugas Akhir ini selesai melalui proses yang cukup panjang dengan segala keterbatasan kemampuan serta pengetahuan penulis, tidak menutup kemungkinan tugas akhir ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut. Penulis berharap semoga hasil penulisan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Penelitian Biokomposit Terdahulu	5
2.2 Komposit	10
2.3 Polypropylene	11
2.4 Serat Sisal	12
2.5 Maleic Anhydride Polypropylene	14
2.6 Pelet	16
2.7 Differential Scanning Calorimetry (DSC)	18
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	21
3.2 Langkah Penelitian	23
3.2.1 Studi Literatur dan Lapangan	23
3.2.2 Proses Penghalusan Sisal	24
3.2.2.1 Persiapan Penghalusan Serat Sisal	24
3.2.2.2 Proses Penggilingan Serat Sisal	24
3.2.3 Proses Penyaringan	25
3.2.4 Proses Pengeringan	26
3.2.5 Proses Pencampuran Material	26
3.2.6 Proses Pembuatan Pelet	27
3.2.7 Pengukuran Temperatur Leleh Biokomposit.....	28
3.2.8 Pemeriksaan Struktur Biokomposit	28

3.2.9 Penentuan Rekomendasi Komposisi Biokomposit	28
3.2.10 Kesimpulan dan Saran	29
BAB IV PEMBUATAN BIOKOMPOSIT DAN PENGUJIANNYA	
4.1 Pembuatan Biokomposit	31
4.1.1 Peralatan yang Digunakan	31
4.1.2 Bahan yang Digunakan	31
4.1.3 Pembuatan Pelet	31
4.2 Hasil Pembuatan Biokomposit	32
4.3 Pengukuran Temperatur	34
4.3.1 Langkah Pengukuran Temperatur	34
4.3.2 Analisa Hasil Pengukuran Temperatur Leleh	35
4.4 Pemeriksaan Struktur Biokomposit	38
4.5 Penentuan Biokomposit Alternatif	44
4.6 Variasi Perlakuan Pelet Biokomposit	46
4.6.1 Pembuatan Pelet dengan Pemanasan 4jam	46
4.6.2 Pembuatan Pelet dengan Penambahan Tekanan..	50
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Representasi dari Persiapan Benda Uji Komposit	8
Gambar 2.2 Hasil Penelitian (a) Tensile and Flexural Strength, (b) Tensile and Flexural Modulus, (c) Impact Strength	9
Gambar 2.3 Tanaman Sisal	12
Gambar 2.4 Maleic Anhydride Polypropylene	14
Gambar 2.5 Hasil Pengujian Material Biokomposit (a) Kekuatan Tarik, (b) Kekuatan Impak	15
Gambar 2.6 Hasil SEM Biokomposit Tanpa MAPP	15
Gambar 2.7 Hasil SEM Biokomposit Dengan MAPP	16
Gambar 2.8 Metode DSC. Grafik (b) hasil dari set-up yang diperlihatkan pada (a) dan grafik (d), jejak DSC yang umum, hasil dari pengaturan yang diperlihatkan pada (c).....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3.2 Serat Sisal	23
Gambar 3.3 Mesin Bond Ball Mill	24
Gambar 3.4 Saringan 50Mesh	25
Gambar 3.5 Timbangan Digital Pocket Scale	26
Gambar 3.6 Hesin Injeksi HAITIAN MA900/260e	27
Gambar 4.1 Biokomposit (a) Biokomposit A, (b) Biokomposit B, (c) Biokomposit C, (d) Biokomposit D	32
Gambar 4.2 Mesin DSC Mettler Toledo	34
Gambar 4.3 Crucible Setelah Pengujian	35
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Temperatur Leleh Polypropylene	35
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengukuran DSC Material Biokomposit	36
Gambar 4.6 Tampilan Software ImageJ	39
Gambar 4.7 Tampilan Color Treshold	39
Gambar 4.8 Tampilan Hasil Penghitungan Software ImageJ	40
Gambar 4.9 Hasil Pengamatan Biokomposit A	40
Gambar 4.10 Hasil Pengamatan Biokomposit B	41
Gambar 4.11 Hasil Pengamatan Biokomposit C	42

Gambar 4.12 Hasil Pengamatan Biokomposit D	43
Gambar 4.13 Hasil Pengamatan Biokomposit A2	46
Gambar 4.14 Hasil Pengamatan Biokomposit B2	47
Gambar 4.15 Hasil Pengamatan Biokomposit C2	48
Gambar 4.16 Hasil Pengamatan Biokomposit D2	49
Gambar 4.17 Hasil Pengamatan Biokomposit A3	50
Gambar 4.18 Hasil Pengamatan Biokomposit B3	51
Gambar 4.19 Hasil Pengamatan Biokomposit C3	52
Gambar 4.20 Hasil Pengamatan Biokomposit D3	53
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Prosentase Void	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Properti Komposit Serat Sisal	5
Tabel 2.2 Komposisi Biokomposit PP-Sekam Padi	6
Tabel 2.3 Temperatur Leleh Biokomposit PP-Sekam Padi	7
Tabel 2.4 Machenical Properties dan Ketersediaan Serat Alam .	13
Tabel 3.1 Komposisi Biokomposit PP-Sisal	26
Tabel 3.2 Tabel Pengukuran Temperatur Biokomposit	27
Tabel 4.1 Komposisi Pelet Biokomposit	31
Tabel 4.2 Tabel Temperatur Leleh Biokomposit	37
Tabel 4.3 Prosentase Void pada Biokomposit A	41
Tabel 4.4 Prosentase Void pada Biokomposit B	42
Tabel 4.5 Prosentase Void pada Biokomposit C	43
Tabel 4.6 Prosentase Void pada Biokomposit D	44
Tabel 4.7 Tabel Data Eksperimen	45
Tabel 4.8 Prosentase Void pada Biokomposit A2	46
Tabel 4.9 Prosentase Void pada Biokomposit B2	47
Tabel 4.10 Prosentase Void pada Biokomposit C2	48
Tabel 4.11 Prosentase Void pada Biokomposit D2	49
Tabel 4.12 Prosentase Void pada Biokomposit A3	50
Tabel 4.13 Prosentase Void pada Biokomposit B3	51
Tabel 4.14 Prosentase Void pada Biokomposit C3	52
Tabel 4.15 Prosentase Void pada Biokomposit D3	53
Tabel 4.16 Hasil Pengamatan Prosentase Void	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada tanggal 20 Oktober 2008 Badan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) melalui FAO pada pertemuan dunia di Roma, Italia, mencanangkan tahun 2009 sebagai *International Year of Fibers*. Hal tersebut terkait dengan pemanfaatan berbagai serat alam (*lignoselulosa fiber* dan *animal fiber*) menjadi sumber bahan baku dalam berbagai produk bidang industry. Dengan demikian diharapkan dapat menanggulangi dua hal yaitu sebagai solusi terhadap perubahan iklim dan dampaknya terhadap kelestarian lingkungan serta sebagai pendorong bagi negara-negara di dunia untuk menerapkan revolusi hijau dalam dunia industri sebagai jawaban atas semakin berkurangnya cadangan minyak bumi dan fluktuasi harga minyak mentah dunia. Akhir-akhir ini pemanfaatan serat alam sebagai filler komposit telah diaplikasikan dalam industri komersial seperti pada bidang konstruksi dan otomotif.

Navin Chand pada tahun 2012 melaksanakan eksperimen mengenai komposit *polyolefin* dengan penguat serat alam yaitu serat sisal (*Agave Sisallana Perrine*). *Polyolefin* yang digunakan dalam percobaan Chand yaitu *low-density polyethylene* (LDPE), *linear low-density polyethylene* (LLDPE), dan *polypropylene* (PP). Dalam percobaan tersebut, Chand mengekstrak selulosa dari serat sisal yang kemudian ditambahkan ke dalam *polyolefin* murni. Hasil menunjukkan adanya penurunan temperature leleh pada specimen LDPE dan LLDPE seiring dengan penambahan serat sisal, sedangkan pada specimen PP terjadi fluktuasi temperatur leleh seiring dengan penambahan serat sisal. Serta terdapat peningkatan *tensile strength* pada specimen LDPE dan LLDPE namun terdapat penurunan pada specimen PP. Penurunan tersebut disebabkan karena adanya bonding yang buruk diantara partikel PP dengan serat nano selulosa sisal. Hal tersebut dapat ditanggulangi

dengan penggunaan *maleic anhydride polypropylene* (MAPP) sebagai perekat.

Mutafawiqin pada tahun 2016, melakukan eksperimen pembuatan komposit dengan sekam padi. Pada percobaan tersebut dilakukan penambahan sekam padi (SP) yang sudah dihaluskan kedalam *polyolefin* yaitu *polypropylene* (PP) dengan penambahan *maleic anhydride polypropylene* (MAPP). Bahan-bahan tersebut kemudian dilebur dan dibentuk menjadi pelet biokomposit. Spesimen yang dihasilkan kemudian diukur dengan calorimetry dan kemudian didapatkan temperature leleh tiap komposit. Semakin banyaknya sekam padi yang ditambahkan dalam komposit berpengaruh dalam berkurangnya titik leleh biokomposit. Hal tersebut juga berpengaruh terhadap warna komposit yang semakin gelap, serta bertambahnya prosentase void pada komposit yang dihasilkan.

Eksperimen yang dilakukan sebelumnya menunjukkan dimana terdapat peningkatan properti mekanis serta titik leleh yang menunjukkan adanya potensi serat alam sebagai penguat komposit, untuk itu masih perlu dilakukan eksperimen untuk mengetahui sifat biokomposit berpenguat serat sisal yang dibentuk pelet. Serat sisal (*Agave Sisallana Perrine*) potensial untuk digunakan sebagai komposit bagi bahan bangunan, kendaraan, rel kereta api, geotekstil, hingga kemasan. Sebagai bahan bangunan, sisal sering digunakan sebagai komposit substitusi kayu, kusen, pintu, atap hingga pada bangunan tahan gempa karena tahan lama dan murah. Sebagai atap bangunan, serat sisal dianggap ramah lingkungan dibanding asbes yang bersifat karsinogen. Di bidang otomotif, serat sisal digunakan sebagai panel mobil, sandaran kursi, dan bantalan rem (Adhi, 2009). Serat sisal dipilih karena memiliki kekuatan yang baik dan elastis sehingga berpotensi sebagai bahan komposit yang murah, ringan dan kuat serta mudah dibudidayakan. Produksi serat sisal di seluruh dunia mencapai 4.5 juta ton setiap tahun. Brazil merupakan negara penghasil sisal terbesar yaitu 113 ribu ton setiap tahunnya (Santoso, 2009).

Eksperimen yang akan dilakukan menggunakan variasi komposisi material PP dan serat sisal dengan ditambah dengan komposisi MAPP yang tetap yaitu 5% sebagai penguat *bond* PP dengan serat sisal. Langkah pertama yang dilakukan adalah menghaluskan serat sisal dengan menggunakan *ballmill* di laboratorium beton di Teknik Sipil ITS yang dilanjutkan dengan penyaringan sebesar 50mesh. Serat sisal yang sudah dihaluskan kemudian dikeringkan. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan pelet dengan alat *Injeksi* di Teknik Mesin. Dilanjutkan dengan proses ekstruksi sehingga terbentuk pelet biokomposit. Setelah terbentuk pelet dilakukan pengukuran temperatur leleh dengan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) di Laboratorium Energi di ITS. Kemudian dilanjutkan dengan pengamatan dengan mikroskop untuk mengamati terdapatnya *void* pada potongan melintang pelet biokomposit.

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat termal dari variasi komposit pellet biokomposit PP-Sisal
2. Bagaimana struktur permukaan dalam potongan melintang dari masing-masing variasi komposisi biokomposit.
3. Spesimen biokomposit PP – sisal manakah yang terbaik yang mungkin dapat digunakan sebagai material alternatif pengganti plastik murni (PP).

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian material biokomposit ini ditetapkan beberapa batasan masalah agar penelitian dapat berjalan dengan baik dan dapat mencapai tujuan yang diinginkan sebagai berikut:

1. Biokomposit adalah material campuran PP, serat sisal, dan MAPP.
2. Ukuran bubuk serat sisal adalah 50 mesh.

3. Serat sisal yang digunakan adalah serat sisal hasil ekstraksi tumbuhan *Agave Sisallana Perrine*
4. Mesin yang digunakan untuk menghancurkan serat sisal adalah Mesin *Bond Ball Mill* di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
5. Alat ukur yang digunakan adalah Mesin DSC di Laboratorium Energi ITS dengan kapasitas pengukuran maksimal 250°C.
6. Serat tercampur secara homogen dalam pelet biokomposit.
7. Material hasil ekstrusi adalah yang akan dilihat morfologinya menggunakan Mikroskop di Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin ITS.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian dalam tugas akhir ini yaitu :

1. Mengetahui sifat termal dari masing–masing variasi komposisi material biokomposit berupa temperatur leleh sebagai penentu kualitas biokomposit.
2. Mengetahui struktur permukaan potongan melintang masing–masing variasi material biokomposit untuk menentukan kualitas biokomposit berdasarkan prosentase void.
3. Mencari komposisi material biokomposit (PP–sisal) yang terbaik sebagai alternatif pengganti plastik murni (PP).

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dalam penelitian ini adalah:

1. Menambah ilmu pengetahuan dalam bidang material plastik agar nantinya dapat diaplikasikan dalam penggunaan material alami sebagai bahan komposit dalam industri.
2. Sebagai bahan referensi bagi peneliti berikutnya yang sejenis dalam mengembangkan pengetahuan tentang pellet sebagai material dalam proses injeksi.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Penelitian Biokomposit Terdahulu

Navin Chand pada tahun 2012 melaksanakan eksperimen mengenai komposit *polyolefin* dengan penguat serat alam yaitu serat sisal (*Agave Sisallana Perrine*). *Polyolefin* yang digunakan dalam percobaan Chand yaitu *low-density polyethylene* (LDPE), *linear low-density polyethylene* (LLDPE), dan *polypropylene* (PP). Dalam percobaan tersebut, Chand mengekstrak selulosa dari serat sisal yang kemudian ditambahkan ke dalam *polyolefin* murni. Komposisi tersebut menghasilkan komposit dengan properti seperti yang terlihat dalam tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Properti Komposit Serat Sisal

S.N	Name of Sample	Average Tensile Strength (MPa)	Melting Peak (°C)
1	LDPE	7.7	109.4
2	LDPE + 1% of sisal fibre	7.9	107.8
3	LDPE + 2% of sisal fibre	8.0	107.7
4	LDPE + 3% of sisal fibre	7.5	108.2
5	LDPE + 4% of sisal fibre	7	108.7
6	LLDPE	14.3	132.3
7	LLDPE + 1% of sisal fibre	16.1	130
8	LLDPE + 2% of sisal fibre	16.7	128.8

9	LLDPE + 3% of sisal fibre	15.9	128.9
10	LLDPE + 4% of sisal fibre	15.6	129.3
11	PP	31.2	169.4
12	PP + 1% of sisal fibre	24.7	158.8
13	PP + 2% of sisal fibre	24	163.6
14	PP + 3% of sisal fibre	24.3	159.6
15	PP + 4% of sisal fibre	23.3	160.1

Hasil yang didapatkan menunjukkan adanya fluktuasi titik lebur setiap spesimen serta peningkatan *tensile strength* pada spesimen LDPE dan LLDPE namun terdapat penurunan pada spesimen PP. Penurunan tersebut disebabkan karena adanya bonding yang buruk diantara partikel PP dengan serat nano selulosa sisal. Hal tersebut dapat ditanggulangi dengan penggunaan *maleic anhydride polypropylene* (MAPP) sebagai perekat.

Mutafawiqqin pada tahun 2016, melakukan eksperimen pembuatan komposit dengan sekam padi. Pada percobaan tersebut dilakukan penambahan sekam padi (SS) yang sudah dihaluskan kedalam *polyolefin* yaitu *polypropylene* (PP) dengan penambahan *maleic anhydride polypropylene* (MAPP). Komposisi PP dan sekam padi divariasikan dengan ketentuan seperti yang terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Biokomposit PP-Sekam Padi

Spesimen Pelet	SP wt.(%)	PP wt. (%)	MAPP wt.(%)
A	5.0	90.0	5.0
B	10.0	85.0	5.0
C	15.0	80.0	5.0
D	20.0	75.0	5.0

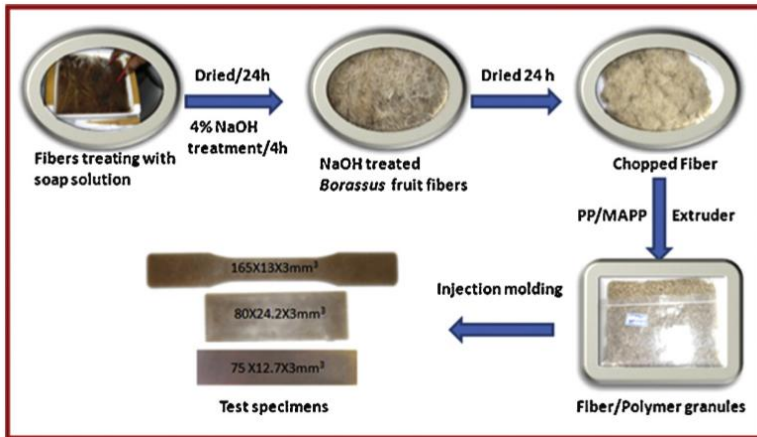
Bahan-bahan tersebut kemudian dilebur dan dibentuk menjadi pelet biokomposit. Spesimen yang dihasilkan kemudian diukur dengan *calorimetry* dan dilihat struktur potongan melintangnya dengan mikroskop, kemudian didapatkan hasil tiap komposit seperti pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Temperatur Leleh Biokomposit PP-Sekam Padi

Hasil Pengukuran Temperatur Biokomposit		Void (%)
Biokomposit	Temperatur leleh (°C)	
A (SP:5%;PP:90%;MAPP:5%)	163.6	7.215
B (SP:10%;PP:85%;MAPP:5%)	164.2	14.279
C (SP:15%;PP:80%;MAPP:5%)	163.3	18.205
D (SP:20%;PP:75%;MAPP:5%)	163.1	26.569

Semakin banyaknya sekam padi yang ditambahkan dalam komposit berpengaruh dalam berkurangnya titik leleh biokomposit, hal tersebut juga berpengaruh terhadap warna komposit yang semakin gelap, serta bertambahnya prosentase *void* pada komposit yang dihasilkan.

P. Sudhakara, dkk (2013) melakukan penelitian dengan membuat material komposit dengan berbasis *polypropylene* (PP) dengan penguat serat alami yaitu serat buah siwalan, jute, sisal, dan *coir fibers*. Dengan variasi komposisi serat alami 5 %, 10%, 15%, 20 %, dengan 5 % *Maleated Polypropylene* (MAPP), dan sisanya *Polypropylene* (PP). Proses pembuatannya seperti gambar 2.1.

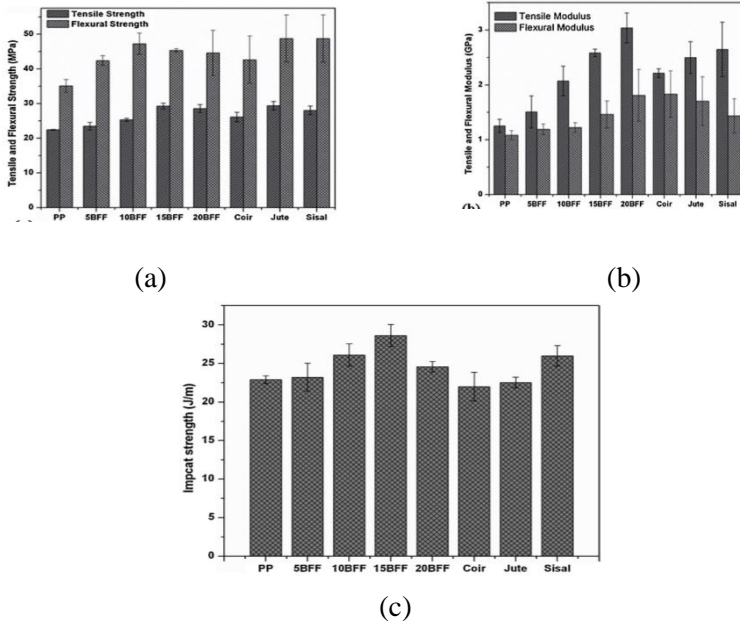


Gambar 2.1 Skema representasi dari persiapan benda uji komposit. [13]

Serat dibersihkan terlebih dahulu dengan sabun, kemudian dikeringkan selama kurang lebih 24 jam, setelah itu memperlakukan serat dengan memerikan 4% NaOH (sodium hydroxide) dicampur dngan serat yang sudah kering di dalam ruangan yang temprturnya konstan, denngan rasio cairan 1:20. Serat dibawa keluar dan dicuci dengan air sulingan sampai serat tidak menunjukkan adanya sisa NaOH dan dikeringkan menggunakan vacum oven dengan tempratur konstan 70°C selama 24 jam, setelah itu serat dicincang di kisaran 5-10mm.

Serat alam, MAPP dan PP dicampur dengan mesin *co-rotating twin-screw extruder* (PRISM, TSE 16TC, *Thermoelectron Corporation*), dengan tempratur bagian barel dari hoper ke die berturut-turut 180 °C, 185 °C, 190 °C, dan 190°C dan kecepatan potong 120 rpm, setelah proses ekstruder campuran tersebut menjadi pelet, pelet tersebut kemudian dikeringkan di oven dengan temperatur 80°C selama 24 jam.

Proses penginjeksian, menggunakan mesin injeksi molding (WOOJIN SELXR CO.LTD). Temperatur injeksi molding 200°C dan tekanannya 60 MPa. Kemudian dilakukan pengujian SEM, uji tarik dan uji impak.



Gambar 2.2 Hasil penelitian (a) *Tensile and Flextural Strength*, (b) *Tensile and Flextural modulus*, (c) *Impact Strength*[13]

Dari penelitian ini didapat bahwa sifat mekanik polimer PP dapat ditingkatkan dengan penambahan serat alam. Serat Sisal memiliki kekuatan tarik lebih baik dibanding serat lainnya. 20BFF memiliki kekuatan tarik lebih baik dibandingkan serat lainnya. Sedangkan yang memiliki kekuatan kejut yang sangat baik adalah 15BFF.

2.2. Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Secara umum bahan pembentuk dari komposit dapat dibagi menjadi dua macam yaitu :

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih rigid serta lebih kuat, dalam laporan ini penguat komposit yang digunakan yaitu dari serat alam.
2. Matriks, berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung filler (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks yang umum digunakan : carbon, glass, kevlar, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

Berdasarkan matrik, komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu: komposit matrik polimer (PMC), dengan polimer sebagai matrik, komposit matrik logam, dengan logam sebagai matrik, komposit matrik keramik, dengan keramik sebagai matrik. Sedangkan berdasarkan strukturnya komposit dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Komposit jenis serat yang mengandung serat-serat pendek dengan diameter kecil yang disokong oleh matriks yang berfungsi untuk menguatkan komposit, seperti serat tandan sawit, serat sintetis, kaca, atau logam.
2. Komposit jenis partikel yaitu partikel tersebar dan diikat bersama oleh matriks. Struktur *Sandwich* yaitu komposit yang tersusun dari 3 lapisan yang terdiri dari flat komposit sebagai kulit permukaan (*skin*) serta material inti (*core*) dibagian tengahnya berada diantaranya
3. Komposit struktur berdasarkan struktur komposit terbagi menjadi dua yaitu: struktur lamina dan struktur sandwich. Lamina yaitu komposit yang mengandung bahan pelapis

yang diikat bersama antara satu sama lain dengan menggunakan pengikat.

2.3. Polypropylene

Polimer adalah makromolekul yang terbentuk dari pengulangan satuan-satuan sederhana monomernya. Akibatnya molekul-molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Ada polimer yang merupakan molekul individual, ada yang bercabang, ada yang merupakan jaringan raksasa makroskopik. Berdasarkan asalnya polimer dapat dikelompokkan polimer alam dan polimer sintetis. *Polypropylene* merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. *Polypropylene* merupakan polimer dengan penggunaan ketiga terbesar di dunia. *Polypropylene* dapat kita temui dalam berbagai aplikasi mulai dari peralatan rumah tangga, part otomotif hingga komponen elektronik.

Sifat-sifat *Polypropylene* serupa dengan sifat-sifat *Polyethylene*. Termasuk kelompok yang paling ringan diantara bahan polimer, dan dapat terbakar bila dinyalakan dibandingkan HDPE. *Polypropylene* memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan, yaitu :

Keunggulan :

1. Titik lelehnya tinggi (160 - 176°C) dan densitasnya rendah (0,9 - 2,2 gr/cm³)
2. Tahan korosi
3. Merupakan kelompok yang paling ringan di antara kelompok polimer
4. Mudah diproses dan banyak digunakan untuk proses produksi

Kelemahan :

1. Daya penghantar panas dan listrik rendah
2. Apabila dibakar akan menimbulkan bau menyengat.

2.4.Sisal

Sisal (*Agave Sisallana* Perrine) merupakan tanaman perdu dengan daun berduri berbentuk pedang menjulang sepanjang 1 - 2m. Tanaman Sisal berasal dari Meksiko tenggara yang beriklim sedang, dan berkembang ke daerah subtropis dan tropis seiring dengan berkembangnya kebutuhan serat untuk industri. Sisal dibawa ke Indonesia pada tahun 1913. Tanaman sisal sebagian besar diusahakan di lereng lereng bukit berkapur dan beriklim kering. Di Indonesia, tanaman sisal dikembangkan di Malang Selatan, Jember dan Blitar Selatan. Para petani menanam tanaman sisal ditumpangsari dengan palawija seperti jagung, kacang tanah, atau kacang kedelai.



Gambar 2.3 Tanaman Sisal

Sumber: <http://ditjenbun.pertanian.go.id/>

Di Indonesia serat sisal digunakan sebagai bahan kerajinan tali talian, tas, karpet maupun kemasan buah. Namun serat sisal masih mempunyai banyak potensial yang belum dikembangkan seperti sebagai material campuran komposit yang murah, ringan dan kuat. Serat sisal tersedia melimpah di sekitar Jawa Timur dengan panen sepanjang tahun.

Serat sisal merupakan penguat yang menjanjikan untuk digunakan sebagai komposit karena harganya yang murah, densitasnya yang rendah, kekuatan spesifik dan modulusnya yang tinggi, tanpa resiko kesehatan serta tersedia melimpah dan merupakan bahan alam terbarukan.

Tabel 2.4 *Mechanical Properties* dan Ketersediaan Serat Alam

Serat	Density (gr/cm ³)	Elongation (%)	Tensile Strength (MPa)	Elastic Modulus (GPa)	World Production (10 ³ ton)
Cotton	1,5	7	400	5,5	18.450
Jute	1,3	1,5	393	26	2.300
Flax	1,5	2,7	500	27	970
Hemp	1,47	2	690	70	830
Kenaf	1,45	1,6	930	53	370
Sisal	1,5	2	635	9,4	214
Coir	1,2	30	693	4	100

Joseph K, 1995 mengkaji pengaruh metode pembuatan, kandungan, serat terhadap kekuatan tarik komposit sisal-*polyethylene*. Serat sisal merupakan penguat polimer yang efektif, sifat mekanis dan sifat fisis serat sisal tidak hanya dipengaruhi oleh asal, posisi, dan usia tanaman saja, namun juga tergantung pada kondisi percobaan seperti diameter serat, panjang alat ukur, kecepatan dan suhu pengujian.

2.5. Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP)

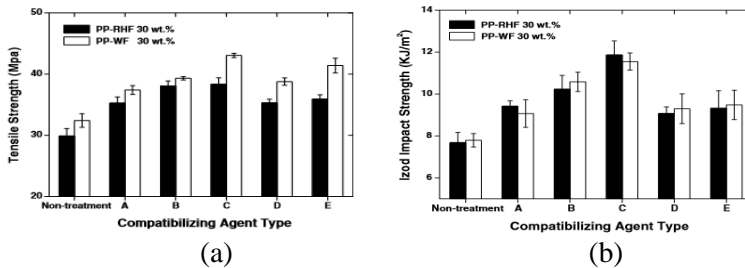
MAPP adalah material coupling agent yang berfungsi sebagai pengikat antara filler dan matriks pada ikatan PMC. *Maleic anhydride* yang ada dalam MAPP memberikan interaksi polar seperti interaksi asam basa dan dapat juga mengikat secara kovalen ke gugus hydroxyl pada serat alam. Kombinasi ikatan kovalen dan interaksi asam basa antara MAPP dan gugus OH- pada permukaan serat menghasilkan sifat-sifat yang baik. Adapun fungsi dalam tugas akhir ini adalah sebagai compatibilizer dan membantu memperbaiki sifat dari produk tersebut. MAPP hasil produksi oleh produsen Shenzhen All Gong Science and Technology Co., Ltd memiliki temperatur leleh pada 190°C dan berbentuk pelet (granular).



Gambar 2.4 *Maleic-Anhydride Polypropylene* (MAPP)

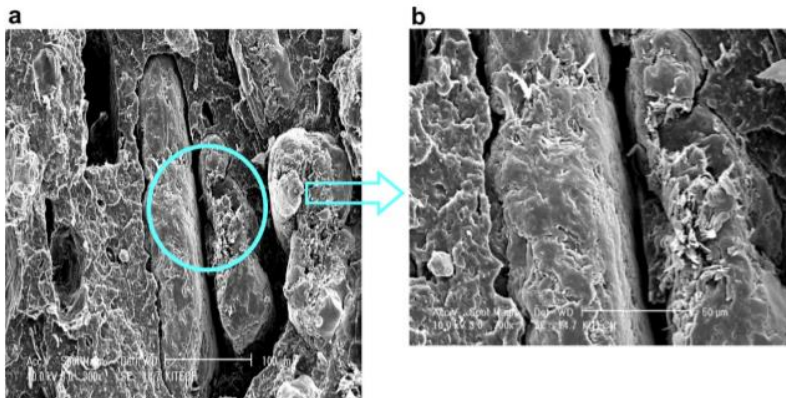
Sumber: <https://www.alibaba.com/>

He Soo Kim pada tahun 2009 melakukan percobaan mengenai pengaruh penambahan MAPP pada biokomposit polypropylene berpenguat serbuk sekam padi dan serbuk kayu. Percobaan dilakukan dengan mencampur PP dengan penambahan serbuk sekam padi dan serbuk kayu, variasi dilakukan dengan membuat biokomposit dengan MAPP dan tanpa MAPP. Hasil yang didapatkan adalah bahwa biokomposit dengan penambahan MAPP memiliki kekuatan tarik dan kekuatan impak yang lebih besar daripada biokomposit tanpa MAPP.



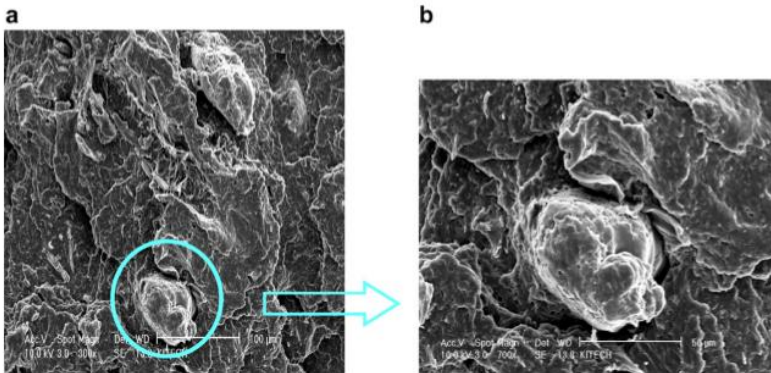
Gambar 2.5. Hasil Pengujian Material Biokomposit; (a) Kekuatan Tarik, (b) Kekuatan impak[14]

Secara morfologi biokomposit tanpa MAPP terlihat memiliki *gap* antara serbuk serat dan matriks. Hal tersebut menunjukkan buruknya ikatan *interface* antara matriks dan serat sehingga serbuk serat tidak dapat mengikat matriks dengan baik.



Gambar 2.6. Hasil SEM Biokomposit Tanpa MAPP[14]

Adanya *gap* antara serbuk penguat dengan matriks. Hal tersebut justru akan mengurangi kekuatan biokomposit secara keseluruhan.



Gambar 2.7. Hasil SEM Biokomposit Dengan MAPP [14]

Penambahan MAPP memperbaiki interface antara serbuk penguat dengan polypropylene. Terlihat dengan tidak terdapatnya *gap* antara serbuk dengan matriks. Dengan interface yang baik penguat dapat mengikat matriks sehingga kekuatan material biokomposit akan bertambah.

2.6. Pelet

Pellet merupakan bentuk bahan yang dipadatkan sedemikian rupa dari bahan konsentrat dengan tujuan untuk mengurangi sifat keambaan (meningkatkan densitas suatu bahan) (Parker, 1988). Keambaan yang diolah menjadi pellet berkurang karena densitasnya meningkat. Pellet yang memiliki densitas tinggi akan meningkatkan penggunaan bahan dan mengurangi bahan yang tercecer, serta mencegah *de-mixing* yaitu peruraian kembali komponen penyusun pellet sehingga bahan sesuai dengan kebutuhan standar (Stevens, 1987).

Menurut hasil sejumlah penelitian, manfaat *Pelleting* adalah meningkatkan kepadatan dan daya alir, mencegah bahan tercecer dan diterbangkan angin, serta meningkatkan konversi ransum. (Behnke, 1998 dalam Briggs, 1999).

Kualitas pellet merupakan aspek yang penting baik bagi produsen industri plastik. Kualitas pelet ditentukan dengan durabilitas, densitas kekerasan (*hardness*) dan ukuran. Kualitas pelet yang baik membutuhkan konsekuensi bagi produsen, yaitu berupa tingginya biaya produksi, tingginya energi dan modal yang dibutuhkan. Menurut Behnke (1994), faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas pelet adalah formulasi (pengaruhnya sebesar 40%), *conditioning* (20%), ukuran partikel (20%), spesifikasi *die* (cetakan) dari mesin pelet (15%), dan pendinginan (5%).

Pada eksperimen ini dikaji kualitas pelet berdasarkan prosentase void dan temperature leleh. Dimana prosentase *void* berhubungan dengan densitas pelet. *Void* pada pelet akan berpengaruh pula dalam terbentuknya *void* dalam specimen. *Void* atau rongga yang terdapat pada specimen akan menyebabkan initial crack, sebab terjadi konsentrasi tegangan saat komposit diberi pembebanan/gaya. Hal tersebut tentu mengakibatkan nilai kekuatan mekanik dari komposit akan menurun (Didhit W, 2014). Terbentuknya void berbanding lurus dengan adanya perubahan ketebalan produk yang mengakibatkan pendinginan yang tidak menyeluruh dan penambahan filler dengan perbandingan L/D (panjang – diameter) yang besar (J, Peter, 2008).

Sifat thermal berhubungan dengan ketahanan biokomposit tersebut terhadap panas (Temperatur Gelas, T_g) serta titik leleh biokomposit tersebut (Temperatur leleh, T_m) sebagai rekomendasi pada proses injeksi (Klančnik, G, 2009).

Ada dua cara yang dapat ditempuh dalam pembuatan pelet, yaitu secara manual dan atau dengan menggunakan mesin. Pembuatan pellet secara manual dilakukan dengan menggunakan alat-alat yang sederhana. Alat yang dipergunakan adalah sekop (*paddle*) atau drum yang dirancang dengan menggunakan prinsip

kerja *mixer* (Pujaningsih, 2011). Proses pengolahan pellet terdiri dari 3 tahap, yaitu pengolahan pendahuluan, pembuatan pellet dan perlakuan akhir.

a. Proses pendahuluan

Proses pendahuluan bertujuan untuk pemecahan dan pemisahan bahan-bahan pencemar atau kotoran dari bahan yang akan digunakan. Setelah seluruh bahan baku disiapkan, tahap selanjutnya adalah menggiling bahan baku tersebut. Tujuannya adalah untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam--berbentuk tepung (*mash*). Peralatan yang digunakan adalah mesin penggiling atau penghalus yang bisa digerakkan motor listrik atau motor bakar yang bahan bakarnya bisa berupa bensin atau solar. Alat ini dikenal dengan nama *disk mill*, *Ball Mill* dan *hammer mill*.

b. Pembuatan pelet

Pembuatan pelet terdiri dari proses pencetakan, pendinginan dan pengeringan. Perlakuan akhir terdiri dari proses sortasi, pengepakan dan pergudangan. Proses penting dalam pembuatan pellet adalah pencampuran (*mixing*), pengaliran uap (*conditioning*), pencetakan (*extruding*) dan pendinginan (*cooling*). Penyetakan pelet dilakukan dengan menggunakan mesin extruder atau mesin injeksi. Mesin extruder dan injeksi akan mencetak pelet berbentuk memanjang.

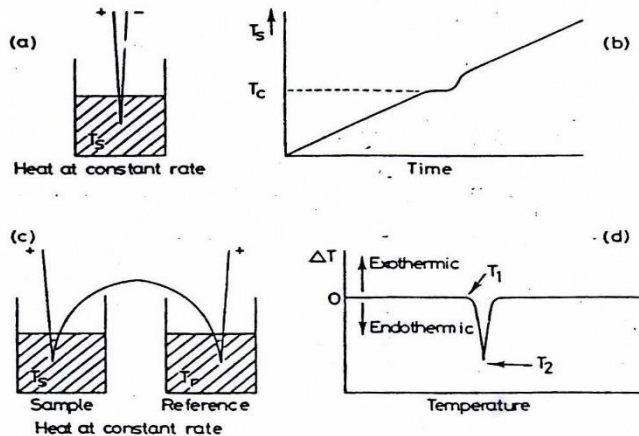
c. Perlakuan akhir

Penentuan ukuran pellet disesuaikan dengan ukuran dan fungsi dari pelet tersebut. Baik dalam dimensi diameter dan panjang. Pelet memanjang yang sudah dicetak kemudian didinginkan dengan menggunakan air dingin. Setelah pelet mengeras pelet akan dipotong sesuai ukuran yang diinginkan.

2.7. Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Differential Scanning Calorimetry adalah suatu metode dimana suhu sampel dibandingkan dengan sebuah referen inert pada suatu perubahan suhu yang terprogram. Suhu sampel akan

sama dengan referen ketika tidak terjadi perubahan, namun pada saat terjadi suatu peristiwa thermal seperti pelelehan, perubahan struktur kristal atau dekomposisi sampel, suhu sampel dapat berada diatas apabila perubahan bersifat eksotermik atau dibawah apabila peristiwa bersifat endotermik suhu referen.



Gambar 2.8 Metode DSC. Grafik (b) hasil dari set-up yang diperlihatkan pada (a) dan grafik (d), jejak DSC yang umum, hasil dari pengaturan yang diperlihatkan pada (c) [11]

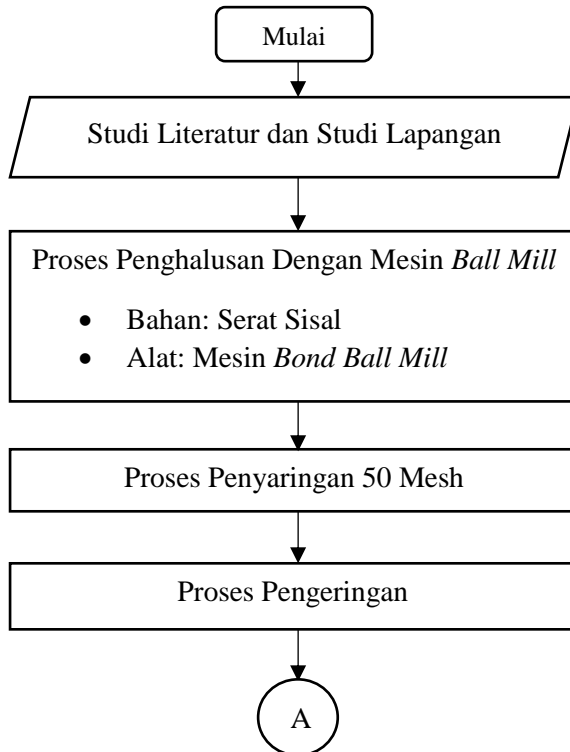
Pada gambar 2.8 diperlihatkan pengaturan yang digunakan pada metode DSC. Sampel dan referen ditempatkan bersebelahan dalam heating block yang dipanaskan ataupun didinginkan pada laju konstan; termokopel identik ditempatkan pada keduanya dan dikoneksikan. Ketika sampel dan referen berada pada suhu yang sama, output bersih dari pasangan termokopel ini akan sama dengan nol. Pada saat suatu peristiwa thermal berlangsung pada sampel, perbedaan suhu, ΔT , timbul antara keduanya yang kemudian terdeteksi dari selisih tegangan dari kedua termokopel.

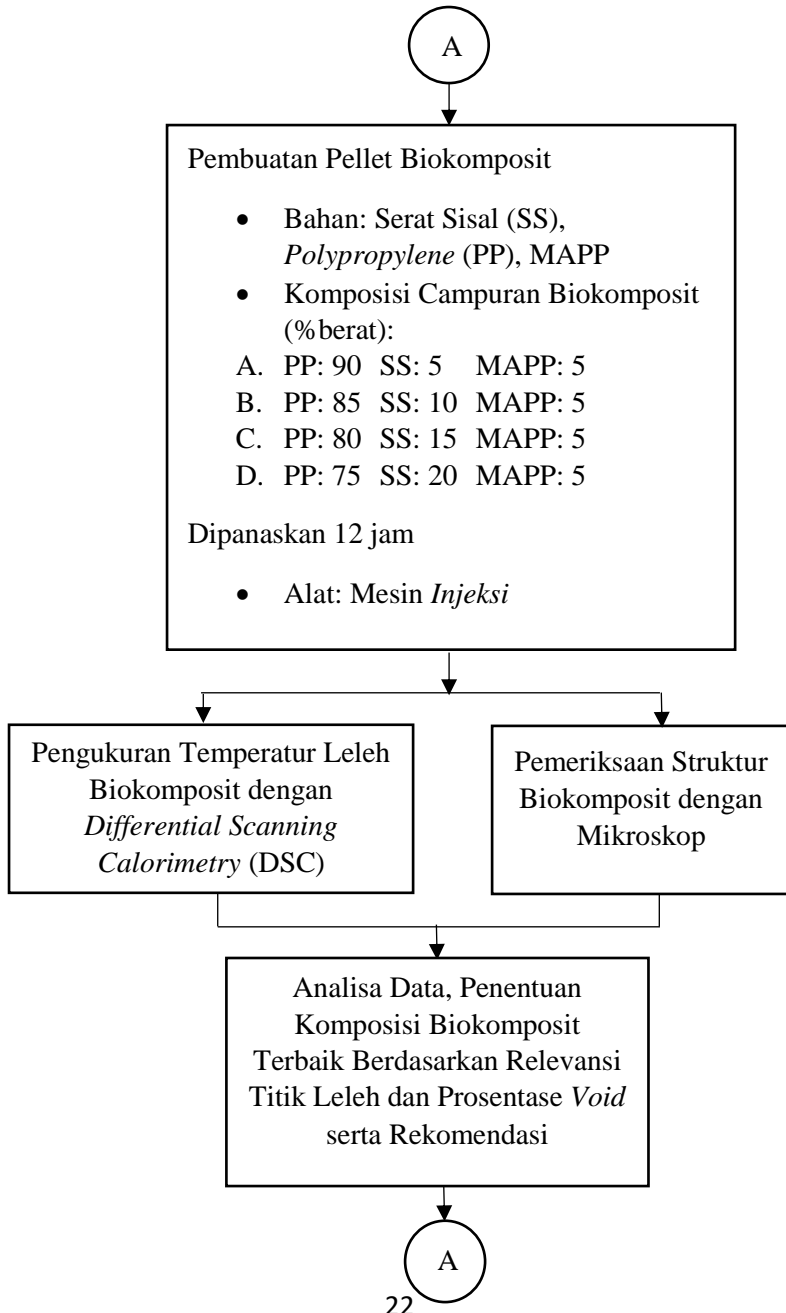
(halaman ini sengaja dikosongkan)

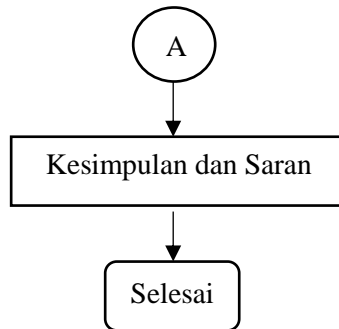
BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Langkah- langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian komposit dengan memvariasikan komposisi komponen *polypropylene* (PP), serat sisal (SS) dan *maleic anhydride polypropylene* (MAPP) dalam pembuatan pellet ditnjukkan pada diagram alir gambar 3.1.







Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada studi eksperimen pembuatan komposit *polypropylene*, serat sisal, dan *maleic anhydride* secara singkat diuraikan sebagai berikut:

3.2.1. Studi Literatur dan Lapangan

Literatur yang dipelajari dalam eksperimen ini meliputi komposisi campuran untuk mendapatkan material baru, proses *Ball Mill*, ekstruksi, pengukuran DSC dan uji mikroskop. Studi lapangan yang dilakukan untuk mempelajari mesin *Bond Ball Mill* yang tersedia di jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, mesin DSC di laboratorium Energi ITS serta hal-hal lain yang berkaitan dengan proses pencarian alternatif material komposit baik melalui media online maupun offline.

3.2.2. Proses Penghalusan Serat Sisal

3.2.2.1. Persiapan Penghalusan Serat Sisal

Persiapan penghalusan serat sisal dilakukan dengan mempersiapkan serat sisal yang akan dihaluskan dengan mesin *Bond Ball Mill*. Serat sisal yang digunakan didapatkan dari Nusa Tenggara Barat (NTB) akan dihaluskan dengan menggunakan mesin. Mesin *Bond Ball Mill* jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.



Gambar 3.2 Serat Sisal

3.2.2.2 Proses Penggilingan Serat Sisal

Proses penghalusan serat sisal dalam eksperimen ini menggunakan mesin *Ball Mill*. Mesin *Ball Mill* adalah salah satu bentuk mesin giling yang berfungsi untuk menghaluskan material dari bentuk yang sangat keras menjadi berbentuk pasir halus dengan bantuan bola yang menggelinding dan menubruk dinding tabung yang berputar. Mesin *Ball Mill* yang berukuran besar biasa digunakan dalam industri produksi semen, besi, kaca, pupuk, dan porselen yang memiliki tingkat kekerasan yang tinggi yang hanya cocok dihaluskan menggunakan mesin *Ball Mill*. Sedangkan mesin *Ball Mill* berukuran kecil (*Planetary Ball Mill*) digunakan untuk produksi bahan yang sedikit atau untuk uji coba dan eksperimen misalnya di laboratorium untuk menguji suatu material. Proses

penghalusan masing-masing dilakukan selama 2 jam untuk mendapatkan ukuran yang diinginkan.



Gambar 3.3. Mesin *Bond Ball Mill*

3.2.3 Proses Penyaringan

Serat sisal halus yang telah didapatkan kemudian disaring untuk mendapatkan hasil yang sesuai. Proses penyaringan tersebut menggunakan pengayak yang tersedia di jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS. Waktu yang dibutuhkan sekitar 5-10 menit setiap sekali penyaringan, dengan keadaan pengayak setengah penuh. Ayakan yang digunakan adalah ayakan dengan ukuran 50 mesh. Pemilihan ukuran penyaringan 50 mesh dilakukan dengan pertimbangan bahwa ukuran serbuk serat sisal yang diinginkan adalah sekecil mungkin. Proses pengayakan digunakan untuk memisahkan serat yang sudah menjadi serbuk.



Gambar 3.4 Saringan 50 mesh

3.2.4 Proses Pengeringan

Setelah dilakukan proses penyaringan akan dilakukan proses pengeringan. Proses ini dilakukan agar bahan uji dalam keadaan kering (kadar air dalam bahan uji berkurang) sehingga memudahkan melakukan proses selanjutnya di mesin Injeksi supaya tidak terjadi letusan-letusan kecil dalam pembuatan pelletnya. Proses pengeringan dilakukan dengan bantuan oven.

3.2.5 Proses Pencampuran Material Alternatif

Pada tahap ini dilakukan pencampuran material-material biokomposit. Material yang adalah *polypropylene* (PP), *maleic anhydride polypropylene* (MAPP), dan serat sisal (SS). Material PP yang digunakan dalam kondisi murni.

Rancangan komposisi material alternatif terbagi menjadi 4 kategori, biokomposit A, B, C dan biokomposit D. Biokomposit A terdiri dari 90% material PP, 5% material serat sisal, dan 5% MAPP, biokomposit B terdiri dari 85% material PP, 10% serat sisal, 5% MAPP, biokomposit C terdiri dari 80% material PP, 15% serat sisal, 5% MAPP, biokomposit D terdiri dari 75% PP, 20% serat sisal, dan 5% MAPP. Dari setiap biokomposit diatas diuji sebanyak satu kali yaitu dengan ukuran serat 50 mesh. Prosentase bahan mewakili prosentase berat bahan tersebut ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 3.1 Komposisi Biokomposit PP-Serat Sisal

Spesimen Biokomposit	PP wt. (%)	SS wt. (%)	MAPP wt. (%)
A	90	5	5
B	85	10	5
C	80	15	5
D	75	20	5

Komposisi bahan berupa prosentase berat tiap komponen bahan (PP, SS, dan MAPP) pada setiap 100gr spesimen. Timbangan digital digunakan untuk mengukur berat tiap komponen bahan sesuai dengan komposisi komposit pada Tabel 3.1. Timbangan yang akan digunakan adalah *Pocket Scale* MH 500-series. Batas kemampuan pengukurannya hingga 500g dengan toleransi 0.1g.



Gambar 3.5 Timbangan Digital *Pocket Scale*

3.2.6 Proses Pembuatan Pellet

Pencampuran material PP, serat sisal dan MAPP dilakukan dengan bantuan mesin Injeksi. Hasil akhir proses ini adalah terbentuknya pelet material biokomposit.



Gambar 3.6 Mesin Injeksi HAITIAN MA900/260e

3.2.7 Pengukuran Temperatur Leleh Biokomposit

Setelah mendapatkan pelet, dilaksanakan pengukuran melalui DSC dengan harapan mengetahui sifat thermal masing-masing campuran specimen. Sifat thermal yang didapatkan dalam pengukuran ini adalah temperatur leleh biokomposit tersebut. Mesin ini digunakan untuk mengetahui perubahan sifat thermal setiap variasi komposisi, kristalisasi dan titik leleh.

Tabel 3.2 Tabel Pengukuran Temperatur Biokomposit

Pengukuran Temperatur Leleh Biokomposit		Tg(°C)
Biokomposit	Tm(°C)	
A (SS:5%;PP:90%;MAPP:5%)		
B (SS:10%;PP:85%;MAPP:5%)		
C (SS:15%;PP:80%;MAPP:5%)		
D (SS:20%;PP:75%;MAPP:5%)		

3.2.8 Pemeriksaan Struktur Biokomposit

Setelah proses extruksi, spesimen akan diperiksa menggunakan alat mikroskop. Pada pemeriksaan ini digunakan alat dari laboratorium Metallurgi Teknik Mesin FTI-ITS. Hasil yang didapatkan dari pemeriksaan ini akan dicatat hasil pengujiannya dan akan dianalisa sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

3.2.9 Penentuan Rekomendasi Komposisi Biokomposit

Seluruh data dari penelitian diatas akan dicatat setelah pengujian dan pemeriksaan diolah dengan cara membandingkan perbedaan kondisi antara masing-masing variasi komposisi biokomposit. Data pengukuran temperature biokomposit mencakup temperatur leleh. Data hasil pengukuran tersebut akan dijadikan bahan rekomendasi lanjutan penelitian pada mesin injeksi mold. Data kedua yang diperoleh adalah struktur permukaan biokomposit. Analisa yang akan dilakukan dalam pengelolaan data ini adalah mengetahui struktur permukaan dari

material biokomposit dengan perbesaran 50x. hasil perbesaran tersebut dapat ditentukan biokomposit mana yang menimbulkan presense of void antara partikel dan matrix polimer. Evaluasi dilakukan untuk membahas kekurangan yang dapat dialami selama proses penelitian material biokomposit sebagai material alternative plastic supaya dapat digunakan dalam penyusunan rekomendasi penggunaan data untuk proses optimasi pada mesin injeksi. Rekomendasi diperlukan untuk mengetahui berapa temperature leleh pada biokomposit agar melakukan proses injeksi secara aman dan memberikan hasil yang optimal.

3.2.10 Kesimpulan dan Saran

Setelah didapat data konfirmasi dari peneltitian ini, diambil kesimpulan tentang temperature leleh dari material biokomposit uji serta struktur permukaannya secara ilmu pengetahuan yang selanjutnya dapat digunakan sebagai referansi bahan yang diinjeksi dengan mesin injection molding.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

PEMBUATAN BIOKOMPOSIT DAN PENGUJIANNYA

4.1. Pembuatan Biokomposit

4.1.1. Peralatan yang digunakan

- Mesin *Bond Ball Mill* dengan kecepatan 56 rpm untuk menghaluskan serat sisal
- Saringan 50 mesh untuk menyaring serat sisal setelah dihaluskan
- Mesin injeksi HAITIAN MA900 dan oven untuk mengeringkan dan mencetak pelet biokomposit
- Mikroskop optik
- Alat ukur DSC (*Differential Scanning Calorimetry*)

4.1.2. Bahan yang digunakan

- Polypropylene (PP) murni warna coklat krem yang sudah dipanaskan selama 4 jam dan 12 jam pada suhu 80°C.
- Serat sisal halus yang sudah dikeringkan selama 4 jam dan 12 jam pada suhu 80°C.
- Maleic anhydride sebagai perekat (*coupling agent*) yang dibeli dari perusahaan Shenzhen All Gong Science and Technology Co., Ltd. di Hongkong

4.1.3. Pembuatan Biokomposit

Bentuk biokomposit yang akan dibuat adalah berbentuk pelet dengan variasi komposisi yang dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Komposisi pelet biokomposit

Biokomposit	PP wt. (%)	SS wt.(%)	MAPP wt. (%)
A	90	5	5
B	85	10	5
C	80	15	5
D	75	20	5

Langkah – langkah yang dilakukan untuk membuat pelet biokomposit adalah:

1. Melakukan pengecekan kondisi mesin injeksi HAITIAN MA900 seperti kondisi pelumasan, selang dan pompa pendingin.
2. Menyalakan mesin injeksi dan pompa pendingin.
3. Pada layar kontrol, set parameter mesin injeksi pada injection pressure sebesar 40bar serta temperatur barrel injeksi sebesar 190°C, 200°C, 200°C, 200°C, dan 190°C.
4. Sembari menunggu pemanasan barrel dari temperature ruang menuju temperatur yang diinputkan, bahan serat sisal halus, PP dan MAPP diambil dari oven dengan berat masing – masing komposisi biokomposit sebesar 100gr.
5. Setelah barrel sudah mencapai temperature yang diinginkan, masukkan bahan biokomposit A ke dalam hopper.
6. Hasil injeksi dikeluarkan melalui nozel barel sehingga bentuknya memanjang.
7. Setelah kering, biokomposit dipotong dengan menggunakan gunting.

4.2. Hasil Pembuatan Biokomposit

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan biokomposit dengan variasi komposisi. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan bahan sesuai dengan komposisi masing – masing variasi biokomposit yang akan dibuat. Proses pencampuran bahan hingga homogen dilakukan pada saat proses injeksi.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.1 Biokomposit (a) *BiokompositA* (b) *BiokompositB*
(c) *BiokompositC* (d) *BiokompositD*

Secara visual pelet biokomposit A dengan komposisi *polypropylene* dengan penambahan serat sisal sebanyak 5% dan MAPP sebanyak 5% terlihat bahwa biokomposit masih memiliki warna cokelat sebagaimana warna PP murni yang digunakan, hanya saja terlihat sedikit lebih gelap. Biokomposit B dengan komposisi *polypropylene* dengan penambahan serat sisal sebanyak 10% dan MAPP sebanyak 5% memiliki warna cokelat yang relatif lebih gelap daripada biokomposit A. Pada potongan melintang setiap butir pelet terlihat adanya rongga-rongga udara kecil. Biokomposit C dengan komposisi *polypropylene* dengan penambahan serat sisal sebanyak 15% dan MAPP sebanyak 5% memiliki warna cokelat yang lebih gelap daripada biokomposit B dengan tekstur yang sedikit berserat. Biokomposit D dengan komposisi *polypropylene* dengan penambahan serat sisal sebanyak 20% dan MAPP sebanyak 5% memiliki warna cokelat kehitaman dengan tekstur yang sangat berserat. Terlihat dengan seiring dengan penambahan serat sisal pada biokomposit, secara visual akan membuat warna biokomposit menjadi lebih gelap dan berserat.

4.3. Pengukuran Temperatur

4.3.1. Langkah Pengukuran Temperatur

Pengukuran temperatur leleh dilakukan dengan mesin Mettler Toledo. Langkah pertama yang dilakukan dalam tes adalah memotong pelet mendaji potongan yang lebih kecil kemudian ditimbang hingga didapatkan potongan pelet seberat 2mg. Kemudian sampel dimasukkan pada crucible yang kemudian dimasukkan ke dalam mesin DSC. Setiap biokomposit diukur sebanyak 3 kali dengan perlakuan sama.



Gambar 4.2 Mesin DSC Mettler Toledo

Mekanisme pengukuran temperatur leleh dengan menggunakan DSC adalah dengan mengidentifikasi grafik temperatur puncak endoterm atau eksoterm pada perubahan fase dari solid menuju liquid. Puncak endoterm adalah puncak dimana grafik menuju keatas, sedangkan puncak eksoterm adalah ketika grafik menuju kebawah. Terdapatnya puncak endoterm maupun eksoterm sepenuhnya tergantung reaksi yang diberikan oleh specimen ketika diukur dalam mesin DSC. Puncak pertama menunjukkan titik dimana suatu material berkurang kekuatannya mekanisnya karena pengaruh panas karena pada saat material berada dalam suhu tersebut mulai mengalami deformasi secara termal. Puncak tertinggi menunjukkan temperatur leleh (T_m), temperatur leleh menunjukkan titik dimana material terdeformasi menjadi cair.

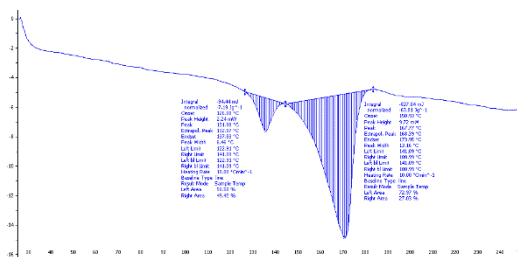


Gambar 4.3 Crucible Setelah Pengukuran

Secara visual hasil pengukuran DSC biokomposit dapat pula dilihat pada crucible setelah pengukuran. Pada crucible terlihat bahwa biokomposit yang pada awalnya berbentuk padat ketika dimasukkan telah melebur menjadi satu, hal tersebut menunjukkan bahwa biokomposit telah berubah menjadi cair. Terjadi perubahan warna pada setiap crucible, pada biokomposit B dan Biokomposit C terlihat adanya bitnik kehitaman yang mengindikasikan serat sisal. Pada biokomposit D berwarna coklat kehitaman.

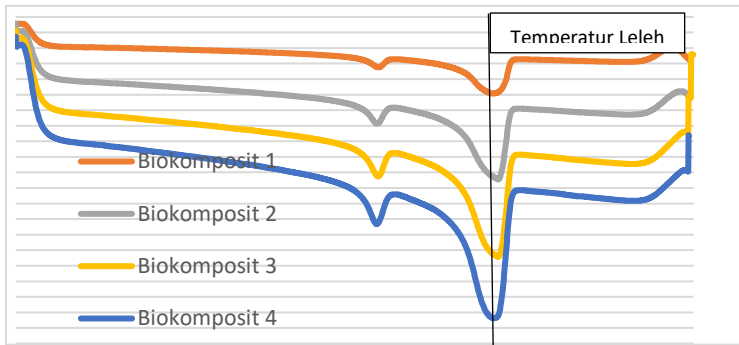
4.3.2. Analisa Hasil Pengukuran Temperatur Leleh

Setiap material polimer pasti memiliki karakteristik sifat thermal berupa temperature leleh yang berbeda yang berbeda. Sebelum dilakukan pengukuran terhadap temperature leleh material biokomposit, dilakukan pengukuran temperature leleh *polypropylene* murni terlebih dahulu.



Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Temperatur Leleh *Polypropylene*

Pada gambar 4.5 menunjukkan hasil pengukuran temperature menggunakan DSC pada *polypropylene*. Dari hasil tersebut diketahui bahwa titik leleh *polypropylene* murni adalah 167.77°C. Selanjutnya pengukuran dilakukan pada semua komposisi material alternative yang terdiri dari 4 kategori yaitu biokomposit A, biokomposit B, biokomposit C dan biokomposit D. dari pengukuran tersebut diketahui sifat thermal masing-masing biokomposit, seperti yang terlihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengukuran DSC Material Biokomposit

Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengukuran DSC material biokomposit. Pengukuran temperature leleh biokomposit dengan DSC dilakukan dengan melihat adanya puncak endoterm atau eksoterm tertinggi pada suatu grafik yang terbentuk hal tersebut menunjukkan suatu titik temperature perubahan fase material biokomposit dari fase *solid* menjadi fase *liquid*. Pada setiap grafik terlihat bahwa terdapat 2 puncak yang disebut dengan puncak endotermik. Puncak pertama pada setiap grafik terlihat tidak begitu dalam dibandingkan dengan puncak kedua yang lebih curam hal tersebut menunjukkan bahwa tidak terjadi transfer energi yang signifikan sebelum terjadi puncak kedua. Puncak tersebut menunjukkan temperatur glass (T_g) material biokomposit tersebut.

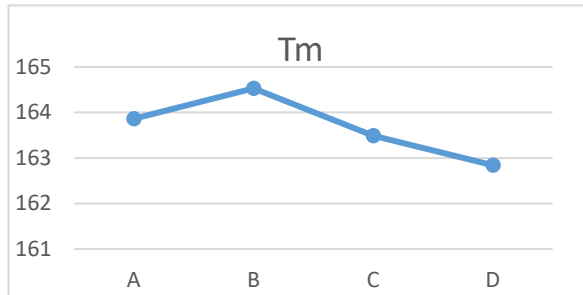
Sedangkan puncak kedua menunjukkan titik leleh (T_m) material biokomposit.

Tabel 4.2 Tabel pengukuran Temperatur Leleh Biokomposit

Pengukuran Temperatur Leleh Biokomposit		Temperatur Glas ($^{\circ}\text{C}$)
Biokomposit	Temperatur Leleh ($^{\circ}\text{C}$)	
A (SS:5%;PP:90%;MAPP:5%)	163.86	130.74
B (SS:10%;PP:85%;MAPP:5%)	164.53	130.74
C (SS:15%;PP:80%;MAPP:5%)	163.49	130.42
D (SS:20%;PP:75%;MAPP:5%)	162.84	130.37

Data dari tabel 4.2 menunjukkan terjadinya fluktuasi temperatur leleh biokomposit seiring dengan penambahan komposisi serat sisal. Biokomposit A dengan komposisi 90%PP,5%SS,5%MAPP memiliki temperatur leleh 163.86°C dan temperature glass 130.74°C , terjadi kenaikan pada biokomposit B dengan komposisi 85%PP,10%SS,5%MAPP yang memiliki temperature leleh 164.53°C dan temperature glass 130.74°C , terjadi penurunan pada biokomposit C dengan komposisi 80%PP,15%SS,5%MAPP yang memiliki temperature leleh 163.49°C dan temperature glass 130.42°C , dan terjadi penurunan kembali pada biokomposit D dengan komposisi 75%PP,20%SS,5%MAPP

yang memiliki temperature leleh 162.84°C dan temperature glass 130.37°C .



Gambar 4.6 Grafik Temperatur Leleh Biokomposit

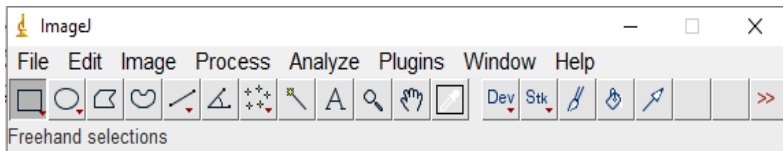
Pelet terbaik dalam pengaplikasian di industri dilihat dari tingginya temperature glass (T_g) material tersebut. Dilihat tingginya temperatur glass didapatkan biokomposit 2 dengan temperatur glass sebesar 130.74°C sebagai material terbaik dilihat dari ketahanan biokomposit tersebut terhadap panas.

4.4. Pemeriksaan Struktur Biokomposit

Pemeriksaan struktur biokomposit dilakukan setelah proses injeksi. Proses ini dilakukan dengan memotong secara melintang biokomposit yang akan diperiksa kemudian dilihat struktur permukaan potongannya dengan menggunakan mikroskop Olympus BX60M yang terdapat pada Laboratorium Metallurgi Teknik Mesin ITS dengan pembesaran 50x. Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui terdapatnya *voids* pada pelet biokomposit yang dibuat. Adapun langkah-langkah yang dilakukan antara lain:

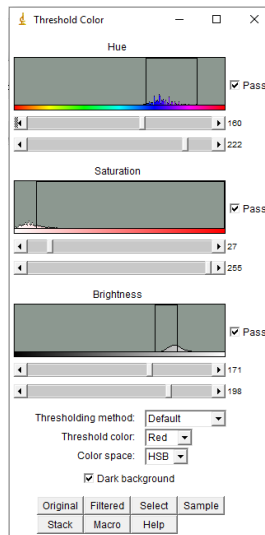
1. Siapkan hasil pengamatan yang akan dihitung prosentase voidnya.

2. Buka software ImageJ.



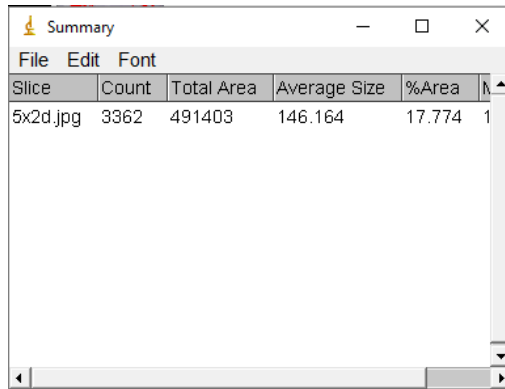
Gambar 4.7 Tampilan Software ImageJ

3. Klik file kemudian *open*, lalu pilih file foto yang akan diamati.
4. *Crop* gambar sehingga hanya tersisa foto pelet yang akan diamati dengan cara memilih *freehand selection* lalu membuang bagian yang bukan pelet.
5. Kemudian pilih menu *image* dan klik submenu *adjust* dan klik *color threshold*.
6. Atur *Hue*, *Saturation* dan *Brightness* sehingga *void* yang terdapat pada pelet terblok.



Gambar 4.8 Tampilan Color Treshold

7. Setelah didapatkan proporsi yang pas pada setiap *void*, tanpa menutup jendela *color threshold*, buka submenu *analyze* lalu pilih *analyze particles*.
8. Software ImageJ akan menghitung area yang terblok serta perbandingannya terhadap seluruh permukaan pelet. Setelah memilih *analyze particles* akan didapatkan hasil seperti pada gambar 4.43. prosentase *void* dapat dilihat pada %area.



The screenshot shows the 'Summary' window in ImageJ. It has a menu bar with 'File', 'Edit', and 'Font'. Below the menu is a table with the following data:

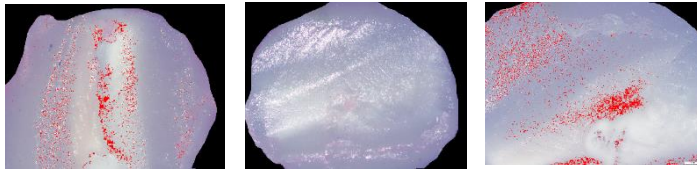
Slice	Count	Total Area	Average Size	%Area
5x2d.jpg	3362	491403	146.164	17.774

Gambar 4.9 Tampilan Hasil Penghitungan Software ImageJ

Penghitungan *void* dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap biokomposit beserta variasi pemanasannya. Pengamatan pertama dilakukan pada biokomposit dengan pemanasan tambahan selama 8 jam.



Gambar 4.10 Hasil Pengamatan Biokomposit A



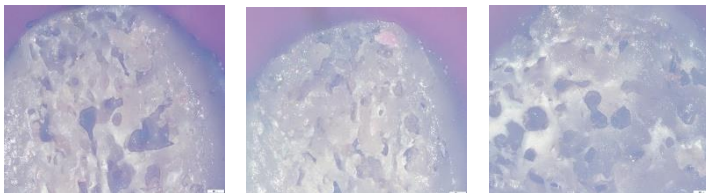
Gambar 4.10 Hasil Pengamatan Biokomposit A (Selesai)

Hasil pengamatan void pada biokomposit1 terlihat pada gambar 4.51. Pengamatan didasarkan pada 3 sampel biokomposit A. Terlihat adanya *void* dalam jumlah berbeda pada masing-masing sampel. Jumlah prosentase *void* dapat dilihat pada tabel 4.3.

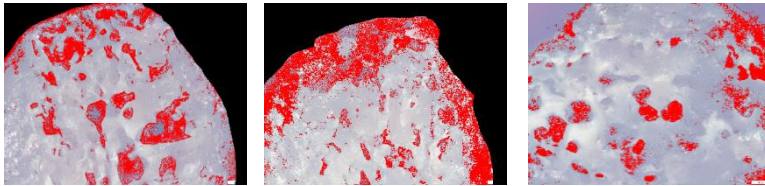
Tabel 4.3 Prosentase *Void* pada Biokomposit A

Sampel Biokomposit A	Prosentase Void
Sampel 1	1.32%
Sampel 2	0.23%
Sampel 3	4.71%

Pada tabel 4.3 terlihat bahwa adanya perbedaan prosentase *void* pada setiap sampel, namun tidak begitu signifikan dengan rentang prosentase *void* antara 0.23%-4.71%.



Gambar 4.11 Hasil Pengamatan Biokomposit B



Gambar 4.11 Hasil Pengamatan Biokomposit B (Selesai)

Hasil pengamatan void biokomposit B terlihat pada gambar 4.32. Secara visual terlihat bahwa biokomposit B memiliki *void* yang lebih banyak dibandingkan biokomposit A terlihat dari area yang terblok oleh software ImageJ. Prosentase *void* biokomposit B dapat dilihat pada tabel 4.4.

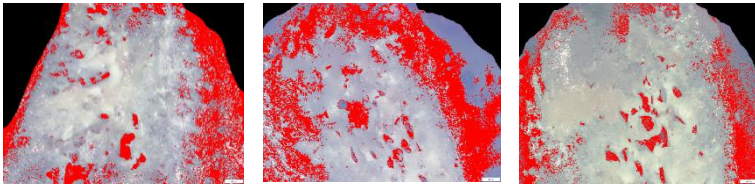
Tabel 4.4. Prosentase *Void* pada Biokomposit B

Sampel Biokomposit B	Prosentase Void
Sampel 1	6.97%
Sampel 2	11.75%
Sampel 3	11.11%

Pada tabel 4.4 terlihat bahwa terjadi adanya kenaikan prosentase *void* dari biokomposit A. Terdapat adanya distribusi *void* pada setiap sampel, namun tidak begitu signifikan dengan rentang prosentase *void* antara 6.97-11.75%.



Gambar 4.12 Hasil Pengamatan Biokomposit C



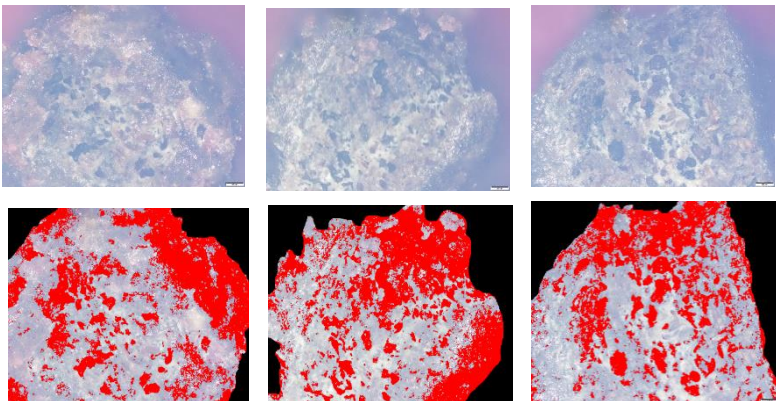
Gambar 4.12 Hasil Pengamatan Biokomposit C (Selesai)

Secara visual biokomposit C terlihat memiliki jumlah void yang lebih banyak daripada biokomposit B ditunjukkan dari jumlah area yang terblok oleh software imageJ.

Tabel 4.5 Prosentase *Void* pada Biokomposit C

Sampel Biokomposit C	Prosentase Void
Sampel 1	17.42%
Sampel 2	30.39%
Sampel 3	14.43%

Pada tabel 4.5 terlihat adanya peningkatan prosentase *void* dari biokomposit B. Dengan masih adanya distribusi prosentase *void* pada setiap sampel. Rentang jumlah *void* biokomposit C adalah antara 14.43-30.39%.



Gambar 4.13 Hasil Pengamatan Biokomposit D

Secara visual biokomposit D memiliki paling banyak area *void*. Hal tersebut menyimpulkan bahwa dengan setiap kenaikan prosentase komposisi serat sisal akan menambah *void* dalam komposit.

Tabel 4.6 Prosentase *Void* pada Biokomposit D

Sampel Biokomposit D	Prosentase Void
Sampel 1	23.93%
Sampel 2	34.37%
Sampel 3	37.63%

Pada tabel 4.6 terlihat bahwa biokomposit⁴ memiliki prosentase void melebihi biokomposit A, B dan C. Rentang prosentase *void* pada biokomposit D adalah 23.93-37.63%.

Data hasil eksperimen menunjukkan adanya peningkatan prosentase void pada setiap penambahan komposisi serat sisal. *Void* pada pelet biokomposit terjadi karena adanya kandaungan air pada serat sisal yang menjadi uap sehingga menjadi ruang kosong setelah kering pada proses pembuatan pelet.

4.5. Penentuan Biokomposit Alternatif

Pemilihan pelet biokomposit alternatif terbaik dilakukan berdasarkan 3 kriteria yaitu prosentase komposisi serat sisal terbanyak, temperatur leleh dan prosentase *void*. Prosentase komposisi sisal menunjukkan kebergunaan sisal sebagai penguat, secara teoritis semakin banyak penguat makan bahan biokomposit semakin tinggi kekuatannya serta pertimbangan lingkungan dan ekonomis. Temperatur leleh menunjukkan ketahanan biokomposit terhadap suhu yang tinggi sedangkan prosentase *void* menunjukkan besarnya densitas dan keberadaan *void* pada spesimen dan produk. Kriteria biokomposit yang baik adalah memiliki titik leleh yang tinggi dan menurut standar ASTM D2734 memiliki prosentase void kurang dari 1%.

Tabel 4.7 Tabel Data Eksperimen

	Sampel	Serat Sisal (% wt)	Void (%)	Temperatur Leleh (°C)
Biokomposit A	1	5	1.32	163.86
	2		0.23	
	3		4.71	
Biokomposit B	1	10	6.97	164.53
	2		11.75	
	3		11.11	
Biokomposit C	1	15	17.42	163.49
	2		30.39	
	3		14.43	
Biokomposit D	1	20	23.93	162.84
	2		34.37	
	3		37.63	

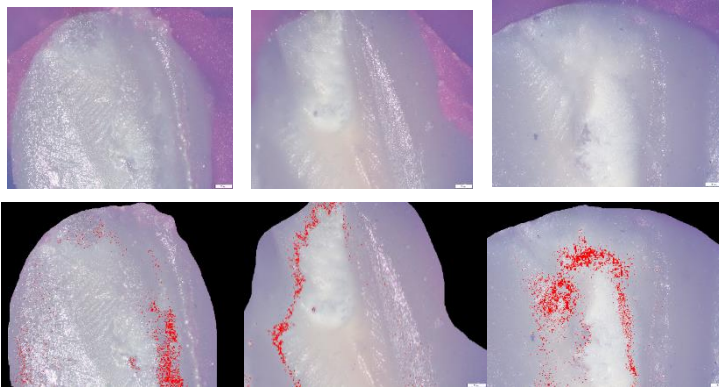
Tabel 4.7 menunjukkan data hasil eksperimen yang telah dilakukan. Terlihat bahwa prosentase *void* bertambah pada setiap penambahan komposisi serat sisal namun pada setiap variasi komposisi biokomposit tidak ada satupun biokomposit yang memenuhi standar ASTM D2734 sedangkan temperatur leleh terlihat tidak terpengaruh oleh penambahan komposisi serat sisal. Prosentase *void* yang paling sedikit dimiliki oleh biokomposit A sedangkan temperatur leleh biokomposit terlihat fluktuatif dengan temperatur leleh tertinggi dimiliki oleh biokomposit B. Dengan mempertimbangkan besarnya fraksi komposisi serat sisal, prosentase *void* serta temperatur leleh, variasi biokomposit yang paling relevan adalah biokomposit B yang memiliki temperatur leleh tertinggi sebesar 164.53°C, memiliki prosentase *void* kedua terendah dengan range antara 6.97%-11.75% setelah biokomposit A sebesar 0.23%-4.71. Biokomposit B dianggap lebih relevan

daripada biokomposit A karena biokomposit B memiliki fraksi komposisi serat sisal yang lebih banyak daripada biokomposit A.

4.6. Variasi Perlakuan Pelet Biokomposit

4.6.1. Pembuatan Pelet dengan Pemanasan 4 jam

Pada pelet biokomposit tanpa penambahan pemanasan (pemanasan 4 jam), pengamatan pada mikroskop dilakukan sebanyak 3 kali dengan jenis perlakuan sampel yang sama.



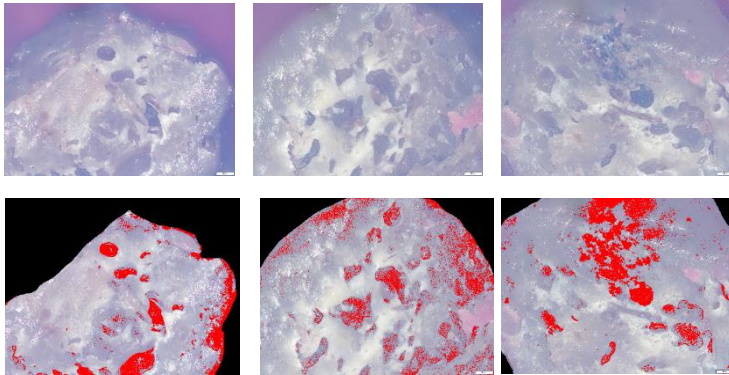
Gambar 4.14 Hasil Pengamatan Biokomposit A2

Pada pengamatan dengan bantuan mikroskop, biokomposit A tanpa penambahan pemanasan selama 8 jam terlihat tidak jauh berbeda dari biokomposit A dengan penambahan pemanasan selama 8 jam. Secara visual pelet biokomposit terlihat memiliki *void* yang tersebar pada bagian tengah penampangnya.

Tabel 4.8 Prosentase void pada biokomposit A2

Sampel Biokomposit A2	Prosentase <i>Void</i>
Sampel 1	1.86%
Sampel 2	3.25%
Sampel 3	2.84%

Prosentase void pada biokomposit A tanpa pemanasan tambahan selama 8 jam terlihat cenderung lebih besar daripada prosentase *void* biokomposit A dengan penambahan pemanasan 8 jam dengan rentang prosentase *void* 1.86-3.25%.



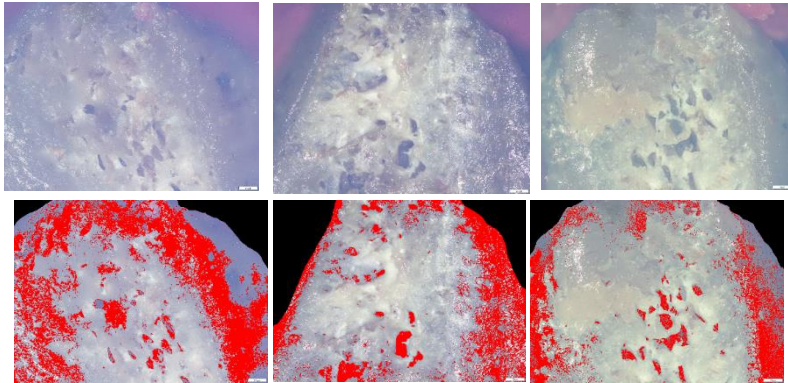
Gambar 4.15 Hasil Pengamatan Biokomposit B2

Secara visual biokomposit B tanpa penambahan pemanasan selama 8 jam tidak jauh berbeda dari biokomposit B dengan penambahan pemanasan 8 jam. Terlihat memiliki *void* yang lebih banyak dari biokomposit A dan A2 dengan *void* terkonsentrasi pada bagian tengah pelet.

Tabel 4.9 Prosentase *Void* pada Biokomposit B2

Sampel Biokomposit B2	Prosentase Void
Sampel 1	11.58%
Sampel 2	17.71%
Sampel 3	9.21%

Hasil pengamatan prosentase void pada biokomposit B tanpa penambahan pemanasan selama 8 jam menunjukkan terdapatnya prosentase void yang lebih besar daripada biokomposit B dengan penambahan pemanasan selama 8 jam dengan rentang prosentase *void* sebesar 9.21-17.71%.



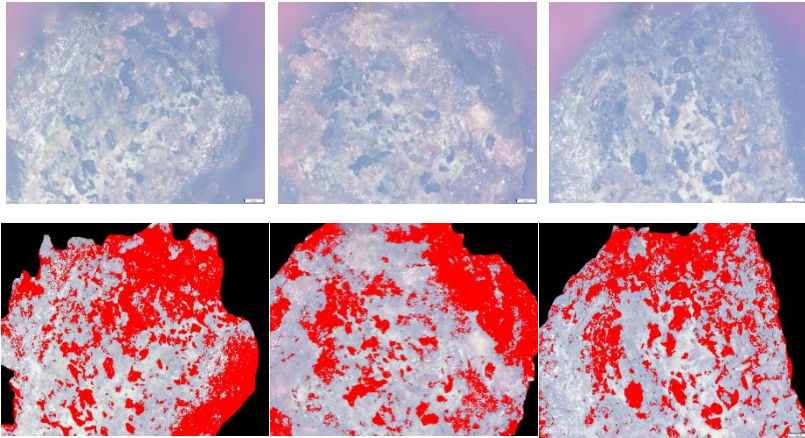
Gambar 4.16 Hasil Pengamatan Biokomposit C2

Secara visual biokomposit C2 memiliki void yang lebih banyak daripada biokomposit B2. *void* terlihat tersebar lebih merata daripada biokomposit B2 namun masih terkonsentrasi pada bagian tengah dan pinggir penampang pelet.

Tabel 4.10 Prosentase *Void* pada Biokomposit C2

Sampel Biokomposit C2	Prosentase <i>Void</i>
Sampel 1	28.02%
Sampel 2	27.51%
Sampel 3	23.77%

Hasil pengamatan *void* dari biokomposit terlihat bahwa biokomposit C2 memiliki void yang lebih banyak daripada biokomposit B2. Pada perbandingan dengan biokomposit dengan penambahan pemanasan selama 8 jam terlihat adanya rentang prosentase *void* yang lebih besar yaitu sebanyak 23.77-28.02%.



Gambar 4.17 Hasil Pengamatan Biokomposit D2

Secara visual biokomposit D2 terlihat memiliki *void* yang lebih banyak daripada biokomposit C2 namun terlihat tidak jauh berbeda daripada biokomposit D. Hal tersebut akan dianalisa dengan analisa prosentase *void*.

Tabel 4.11 Prosentase *Void* pada Biokomposit D2

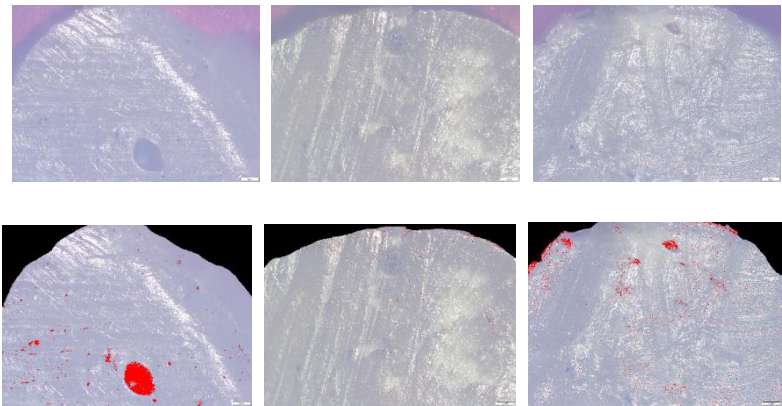
Sampel Biokomposit D2	Prosentase Void
Sampel 1	26.77%
Sampel 2	32.70%
Sampel 3	31.52%

Hasil pengamatan yang didapatkan menunjukkan bahwa prosentase void biokomposit D2 lebih besar daripada biokomposit C2. hal tersebut menunjukkan adanya peningkatan prosentase *void* seiring dengan bertambahnya komposisi sisal. Namun hal sebaliknya terlihat pada perbandingan antara prosentase void biokomposit D2 yang dipanaskan selama 4 jam dengan biokomposit D yang dipanaskan dengan pemanasan 12 jam.

Terlihat biokomposit D2 justru memiliki prosentase *void* yang lebih rendah dibandingkan biokomposit D.

4.6.2. Pembuatan Pelet Dengan Penambahan Tekanan

Pembuatan pelet biokomposit dengan tekanan dilakukan dengan mesin injeksi. Material biokomposit cair diinjeksikan pada cavity dengan tekanan injeksi 50bar. Hasil yang didapatkan dari seluruh analisa prosentase void dapat dilihat pada tabel 4.16.



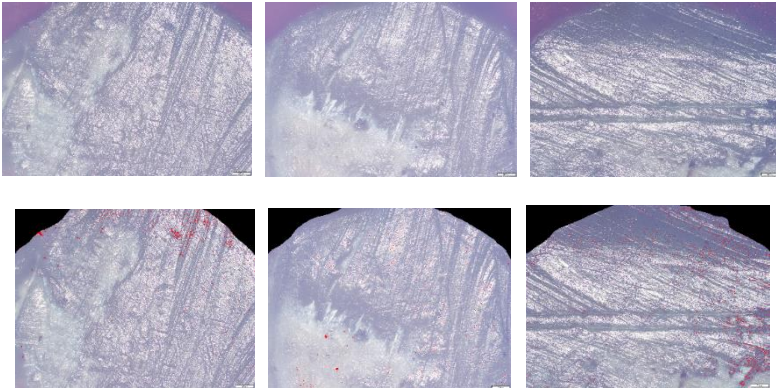
Gambar 4.18 Hasil Pengamatan Biokomposit A3

Secara visual pelet biokomposit A3 terlihat memiliki *void* yang cenderung lebih sedikit dibandingkan biokomposit yang tidak diberi tekanan tambahan. *Void* yang terbentuk lebih kecil dan sedikit serta tersebar pada seluruh permukaan penampang pelet.

Tabel 4.12. Prosentase *Void* pada Biokomposit A3

Sampel Biokomposit A3	Prosentase Void
Sampel 1	2.09%
Sampel 2	0.22%
Sampel 3	1.43%

Dengan analisa *void* terlihat bahwa biokomposit A3 memiliki prosentase *void* yang lebih kecil daripada biokomposit tanpa penambahan tekanan.



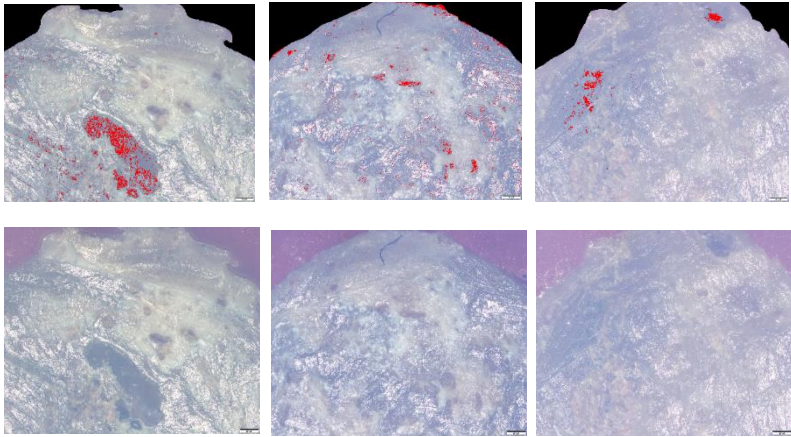
Gambar 4.19 Hasil Pengamatan Biokomposit B3

Pada gambar 4.60 terlihat bahwa biokomposit B3 memiliki *void* yang lebih sedikit dibandingkan biokomposit tanpa penambahan tekanan dan menyebar pada seluruh permukaan potongan pelet biokomposit. Secara sekilas biokomposit B3 memiliki *void* lebih sedikit dibandingkan biokomposit A3.

Tabel 4.13. Prosentase *Void* pada Biokomposit B3

Sampel Biokomposit B3	Prosentase Void
Sampel 1	1.43%
Sampel 2	0.73%
Sampel 3	0.33%

Setelah dilakukan analisa prosentase *void*, terlihat bahwa biokomposit B3 memiliki prosentase *void* yang cenderung lebih sedikit dibandingkan biokomposit A3. Hal tersebut justru berbanding terbalik dengan penambahan komposisi serat sisal.



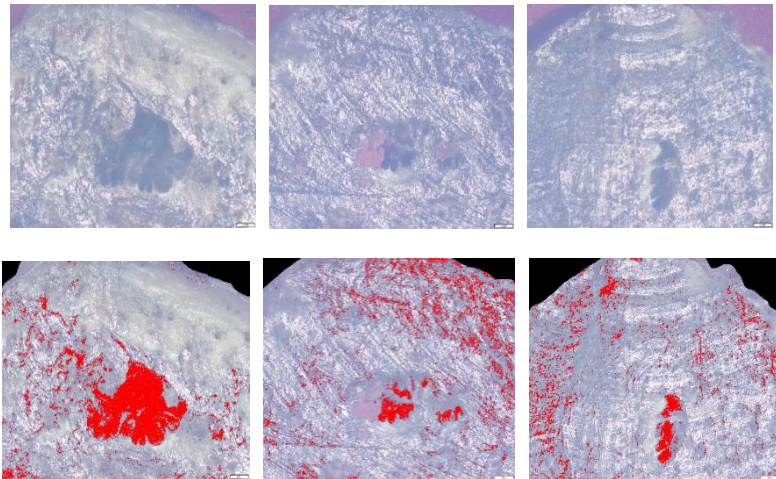
Gambar 4.20 Hasil Pengamatan Biokomposit C3

Secara visual biokomposit C3 memiliki *void* yang lebih banyak dibandingkan dengan biokomposit B3 namun jauh lebih sedikit dibandingkan dengan biokomposit tanpa penambahan tekanan. *Void* terlihat lebih menyebar di seluruh permukaan penampang pelet biokomposit.

Tabel 4.14 Prosentase *Void* pada Biokomposit C3

Sampel Biokomposit C3	Prosentase Void
Sampel 1	2.06%
Sampel 2	1.61%
Sampel 3	0.62%

Dari hasil analisa prosentase *void* terlihat bahwa biokomposit C3 memiliki prosentase *void* yang jauh lebih sedikit dibandingkan prosentase *void* biokomposit yang dibuat tanpa penambahan tekanan namun masih cenderung lebih banyak dibandingkan dengan biokomposit B3 dengan prosentase *void* antara 0.62%-2.06%.



Gambar 4.21 Hasil Pengamatan Biokomposit D3

Secara sekilas biokomposit D3 memiliki *void* yang lebih besar dan lebih banyak dibandingkan dengan biokomposit C3 namun masih lebih sedikit dibandingkan dengan pelet biokomposit yang dibuat tanpa penambahan tekanan.

Tabel 4.15 Prosentase *Void* pada Biokomposit D3

Sampel Biokomposit D3	Prosentase Void
Sampel 1	11.36%
Sampel 2	8.46%
Sampel 3	6.39%

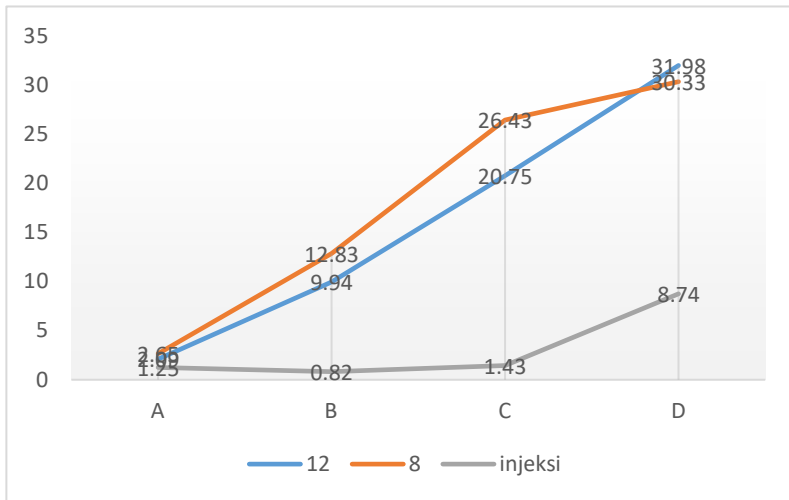
Biokomposit D3 memiliki prosentase *void* yang lebih banyak dibandingkan biokomposit C3, hal tersebut menunjukkan adanya penambahan prosentase *void* seiring dengan penambahan komposisi serat sisal. Prosentase *void* biokomposit D3 jauh lebih sedikit dibandingkan dengan biokomposit yang dibuat tanpa penambahan tekanan. Prosentase *void* biokomposit D3 diantara

6.39%-11.36%. Secara keseluruhan hasil analisa prosentase *void* dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Pengamatan Prosentase *Void*

Biokomposit		Pemanasan 12 jam	Pemanasan 4 jam	Penambahan Tekanan
		% void	% void	% Void
Biokomposit A	1	1.32%	1.86%	2.09%
	2	0.23%	3.25%	0.22%
	3	4.71%	2.84%	1.43%
Biokomposit B	1	6.97%	11.58%	0.73%
	2	11.75%	9.21%	0.33%
	3	11.11%	17.71%	1.41%
Biokomposit C	1	17.42%	28.02%	2.06%
	2	30.39%	27.51%	1.61%
	3	14.43%	23.77%	0.62%
Biokomposit D	1	23.93%	26.77%	11.36%
	2	34.37%	32.70%	8.46%
	3	37.63%	31.52%	6.39%

Pada data terlihat adanya peningkatan jumlah prosentase *void* seiring dengan pertambahan komposisi serat sisal. Pada pemanasan dengan waktu yang lebih lama terlihat adanya penurunan jumlah *void* yang tidak signifikan, namun terjadi peningkatan pada komposisi biokomposit D. Pada pelet hasil pembuatan dengan tekanan terlihat memiliki *void* yang jauh lebih sedikit dibandingkan pelet yang dibuat dengan tekanan. Seiring dengan peningkatan jumlah komposisi serat sisal pelet yang dibuat dengan tekanan menunjukkan kenaikan prosentase *void* yang tidak signifikan.



Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Prosentase Void Biokomposit

Secara keseluruhan, perbandingan prosentase *void* pada setiap komposisi biokomposit beserta variasi perlakuannya dapat dilihat pada gambar 4.22. Trend secara umum terlihat adanya pertambahan prosentase *void* pada setiap penambahan serat sisal. Hal tersebut dikarenakan adanya kandungan air pada serat sisal yang akan menjadi uap pada proses pembuatan pelet sehingga meninggalkan ruang kosong yang disebut dengan *void*. Pemanasan yang lebih lama dapat mengurangi prosentase void, seperti terlihat pada gambar. Prosentase *void* biokomposit dengan pemanasan 12 jam lebih sedikit dibandingkan dengan prosentase *void* biokomposit dengan pemanasan 4 jam. Penambahan tekanan juga sangat berpengaruh pada pengurangan prosentase *void* pada biokomposit. Hal tersebut dikarenakan tekanan dapat menghambat terbentuknya *void* dengan pemampatan material yang lebih kuat sehingga ruang kosong pada material dapat dikurangi.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil eksperimen dan analisa yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil uji DSC diperoleh temperatur leleh biokomposit sebagai berikut:

Pengukuran Temperatur Leleh Biokomposit		Tg(°C)
Biokomposit	Tm (°C)	
A (SS:5%;PP:90%;MAPP:5%)	163.86	130.74
B (SS:10%;PP:85%;MAPP:5%)	164.53	130.74
C (SS:15%;PP:80%;MAPP:5%)	163.49	130.42
D (SS:20%;PP:75%;MAPP:5%)	162.84	130.37

Pemilihan biokomposit terbaik berdasarkan dari temperature leleh yang tinggi. Biokomposit dengan temperature leleh tertinggi adalah biokomposit B dengan temperature leleh 164.53°C. Pemeriksaan terhadap struktur permukaan dilakukan dalam perbesaran 50x menggunakan mikroskop Olympus BX60M di Lab Metalurgi Teknik Mesin FTI-ITS dengan hasil sebagai berikut:

Biokomposit		Pemanasan		Penambahan Tekanan
		12 jam	4 jam	
		% void	% void	% Void
Biokomposit A	1	1.32%	1.86%	2.09%
	2	0.23%	3.25%	0.22%
	3	4.71%	2.84%	1.43%
Biokomposit B	1	6.97%	11.58%	0.73%
	2	11.75%	9.21%	0.33%
	3	11.11%	17.71%	1.41%

Biokomposit C	1	17.42%	28.02%	2.06%
	2	30.39%	27.51%	1.61%
	3	14.43%	23.77%	0.62%
Biokomposit D	1	23.93%	26.77%	11.36%
	2	34.37%	32.70%	8.46%
	3	37.63%	31.52%	6.39%

Maka dari hasil analisa *void* komposisi pelet yang memiliki prosentase *void* yang paling sedikit adalah pelet A dengan komposisi 90% *polypropylene* dengan penambahan penguat serat sisal sebanyak 5%.

2. Penambahan serat sisal mempengaruhi warna dan tekstur pelet biokomposit. Dengan seiring penambahan komposisi serat sisal, maka pelet akan berwarna semakin gelap dengan tekstur yang semakin kasar.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil kajian biokomposit, eksperimen serta analisa yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Dalam proses pemanasan material disarankan segera dilakukan proses injeksi karena dikhawatirkan material biokomposit menjadi lembab kembali dari udara. Pemanasan material sebaiknya menggunakan oven dengan suhu yang stabil.
2. Untuk mendapatkan pengamatan yang lebih menyeluruh sebaiknya digunakan mikroskop dengan pembesaran yang lebih kecil dari 50X.
3. Pada pembuatan pelet biokomposit sebaiknya ditambahkan tekanan dan diinjeksikan pada cavity mold.

DAFTAR PUSTAKA

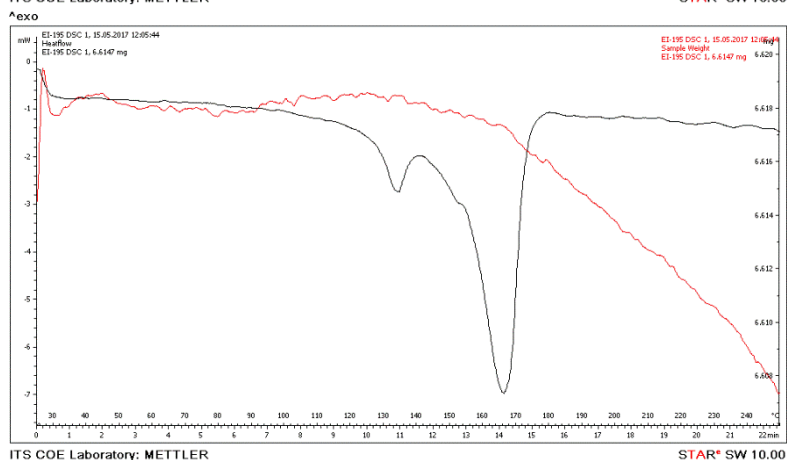
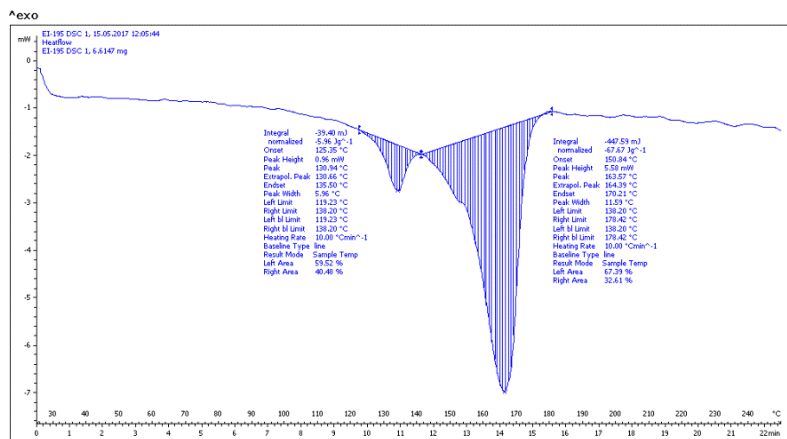
- [1] Chand, N. 2012. "Mechanical and Thermal Properties of Nanocellulose obtained from Sisal fibre reinforced– Polyvinyl alcohol (PVA) Bio-composites" J. Sci. Res. and Rev
- [2] Idicula M., Malhotra S.K., Joseph K., Thomas S., 2005. "Dynamic Mechanical Analysis of Randomly Oriented Intimately mixed Short Banana/Sisal Hybrid Fibre Reinforced Polyester Composites, Composites Science and Technology";
- [3] Chand, N., Prajapati, S.C., Singh, R.K., 2012. "Development and characterization of sisal nanofibre reinforced polyolefin composites".
- [4] Mutaafawwiqin, R.A, 2015. "Studi Eksperimental Variasi Komposisi Pelet Biokomposit (Polypropylene, Sekam Padi dan Maleic Anhydride PP) Terhadap Sifat Thermal & Struktur Permukaan Sebagai Material Alternatif Produk Plastik".
- [5] Lima, Paulo R. 2014. "Characterization and Treatment of Sisal Fiber Residues For Cement-Based Composite Application".
- [6] Favaro, S.L. 2010. "Chemical, morphological and mechanical analysis of sisal fiber-reinforced recycled high-density polyethylene composites"
- [7] Syamsul Hadi. 1995. *Teknologi Bahan 3*. Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik. Jakarta.
- [8] Joseph K., Thomas S, Pavithran C., 1996. "Effect of chemical treatment on the tensile properties of short sisal fibre reinforced poly-ethylene composites, Polymer".
- [9] Polymer Matrix Composites, Princeton University

- [10] Masruchin, N.2012, “Pengembangan Komposit Polypropilena Berpenguat Serat Sisal dan Sabut Kelapa untuk Material Komponen Otomotif”.
- [11] Klančnik ,G., Jožef M., Primož Mrvar, .2009. “Differential Thermal Analysis (Dta) And Differential Scanning Calorimetry (Dsc) As A Method Of Material Investigation. RMZ – Materials and Geoenvironment”
- [12] Jones, Peter.2008. “Mould Design Guide”, Shawbury, United Kingdom: Smithers Rapra Technology Limited.
- [13] P. Sudhakara.2013.”Fabrication of Borassus fruit lignocellulose fiber/PP composites and comparison with jute, sisal, and coir fibers” South Korea
- [14] Kim, He-Soo.2007. “The effects maleic anhydride polypropylene on interfacial adhesive properties of bio-flour filled polypropylene composites”.ELSEVIER

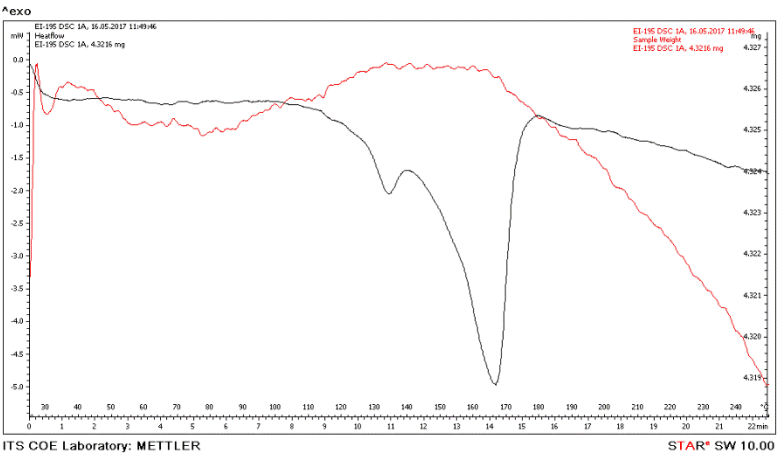
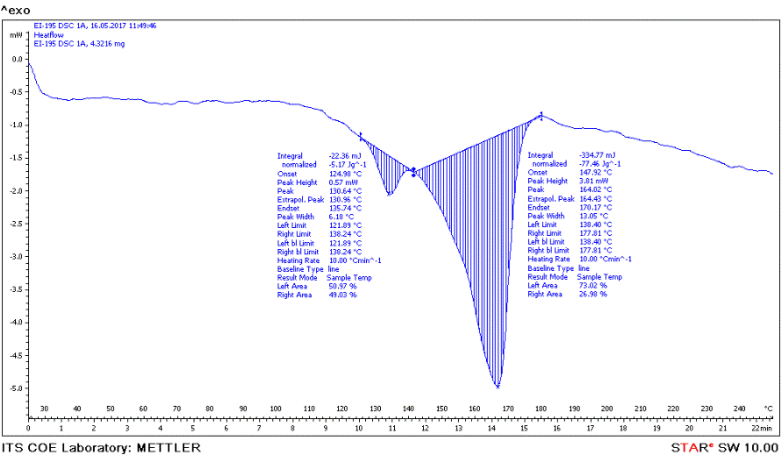
Lampiran 1

Pengukuran Temperatur Leleh Biokomposit A

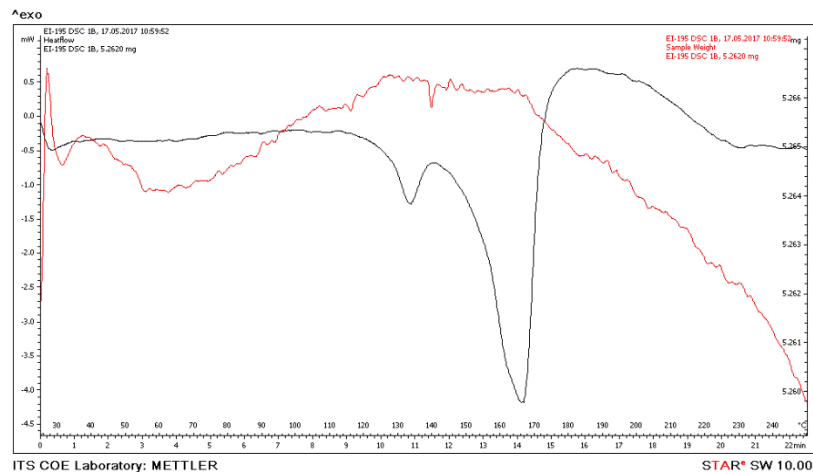
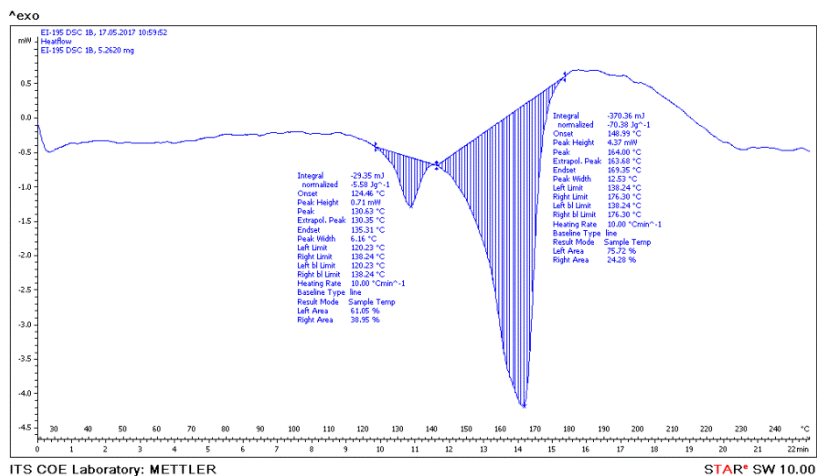
Sampel 1



Sampel 2



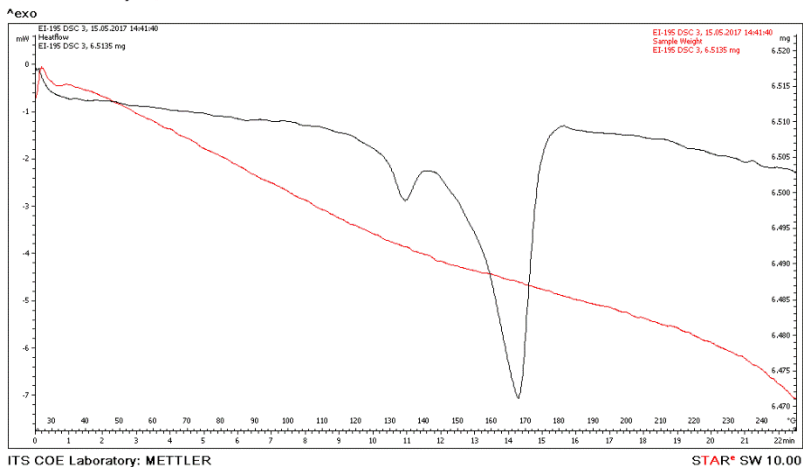
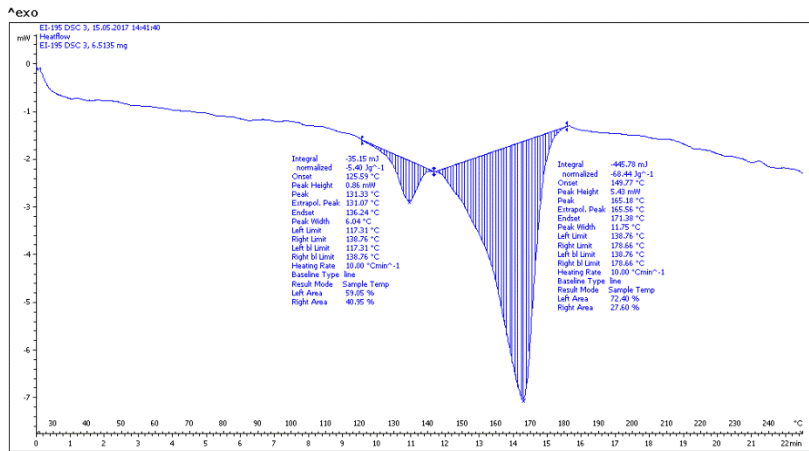
Sampel 3



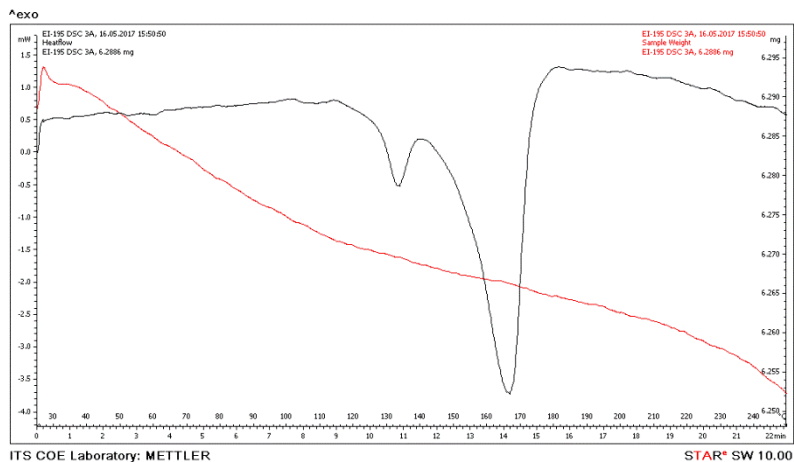
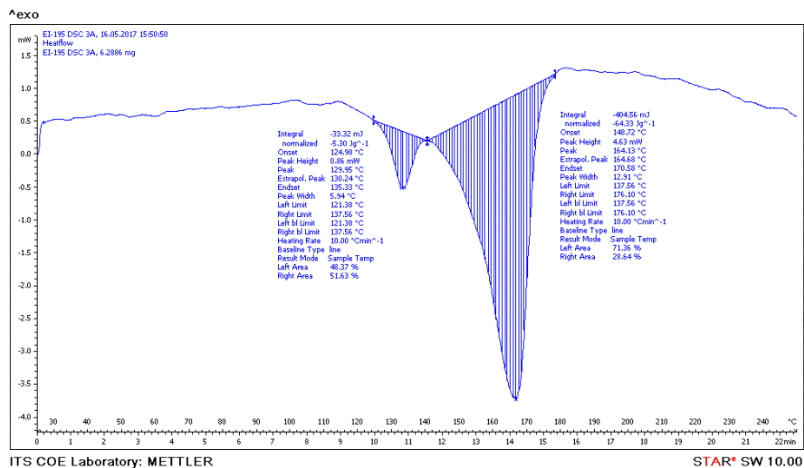
Lampiran 2

Pengukuran Temperatur Leleh Biokomposit B

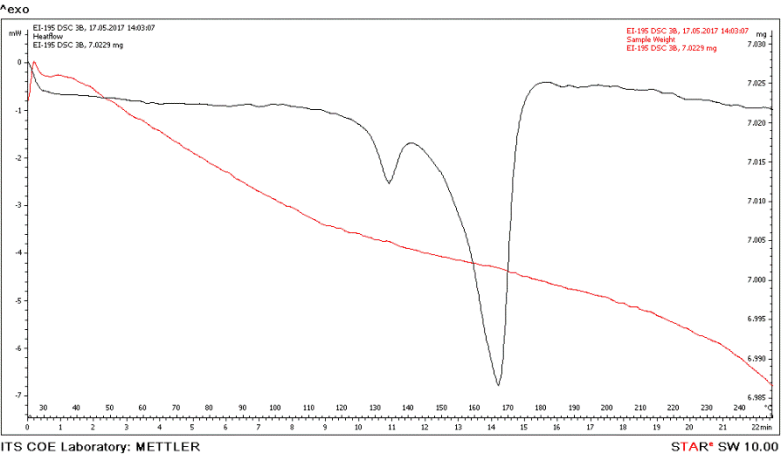
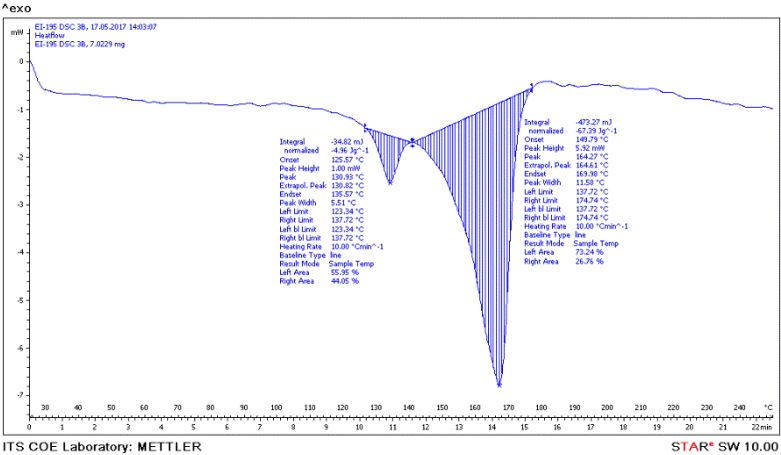
Sampel 1



Sampel 2



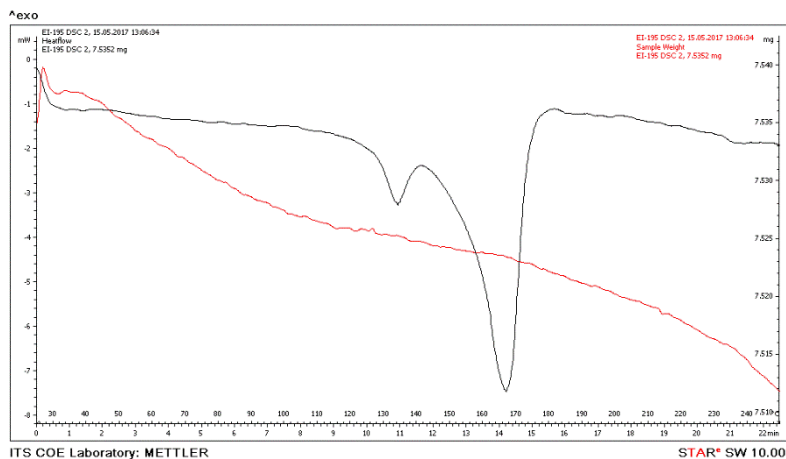
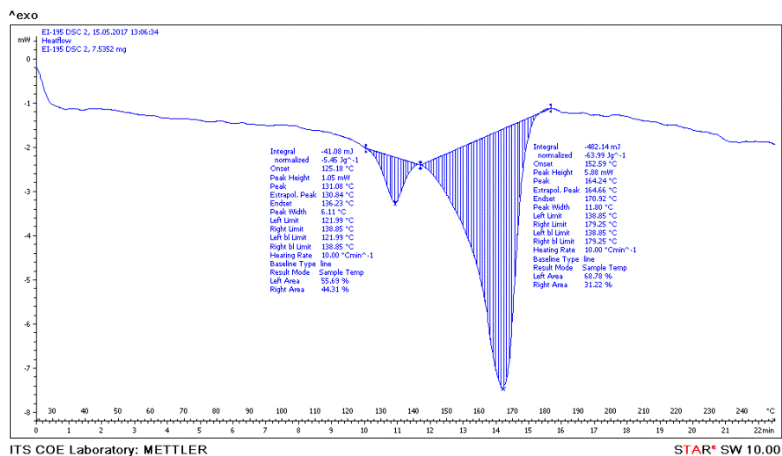
Sampel 3



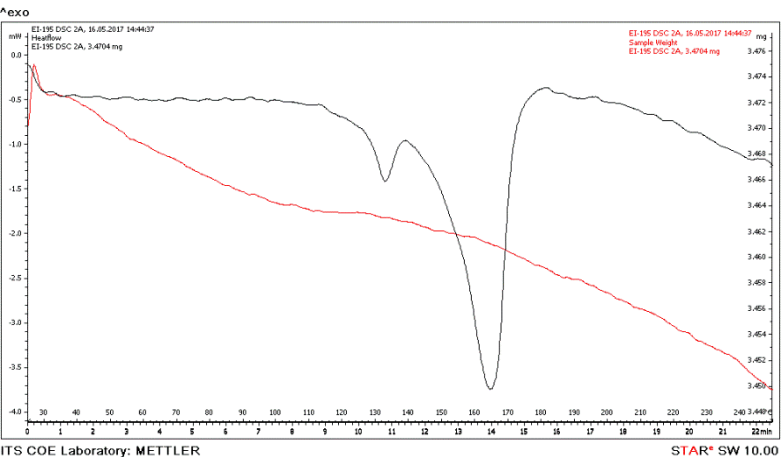
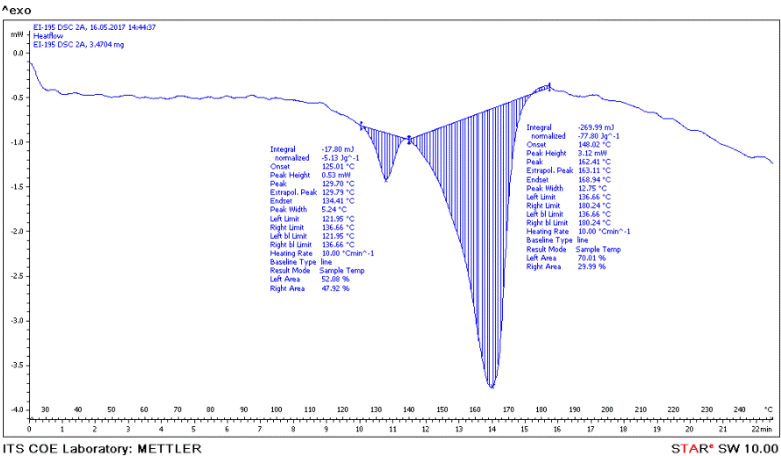
Lampiran 3

Pengukuran Temperatur Leleh Biokomposit C

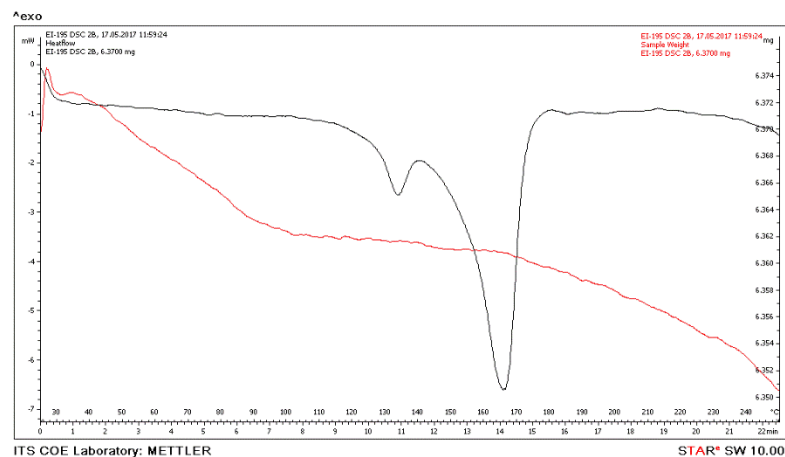
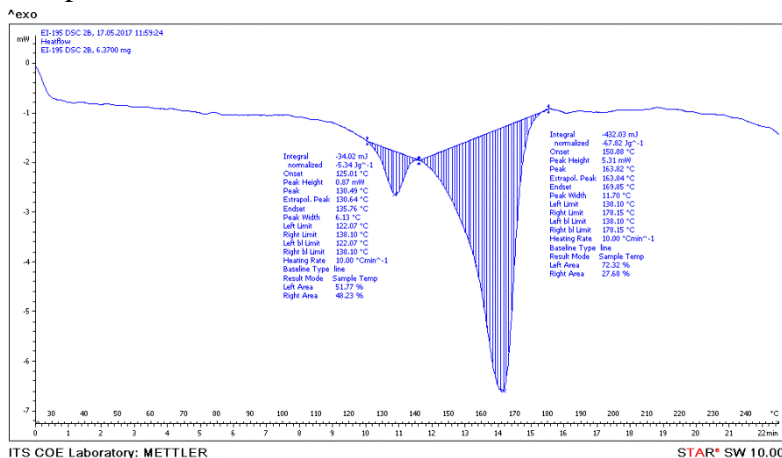
Sampel 1



Sampel 2



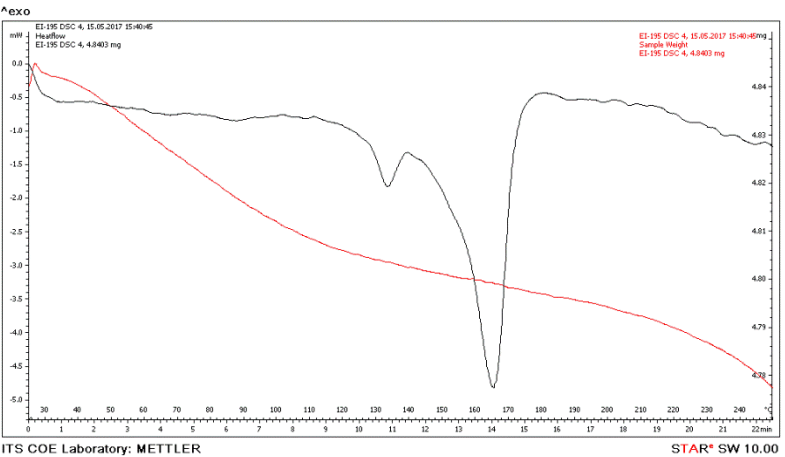
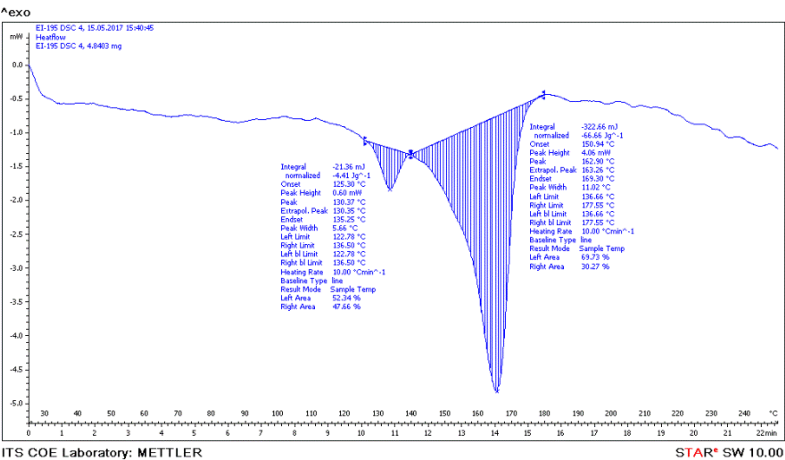
Sampel 3



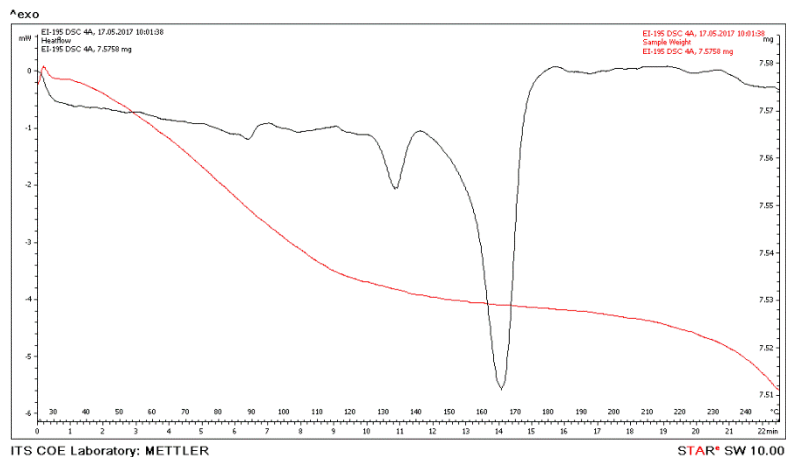
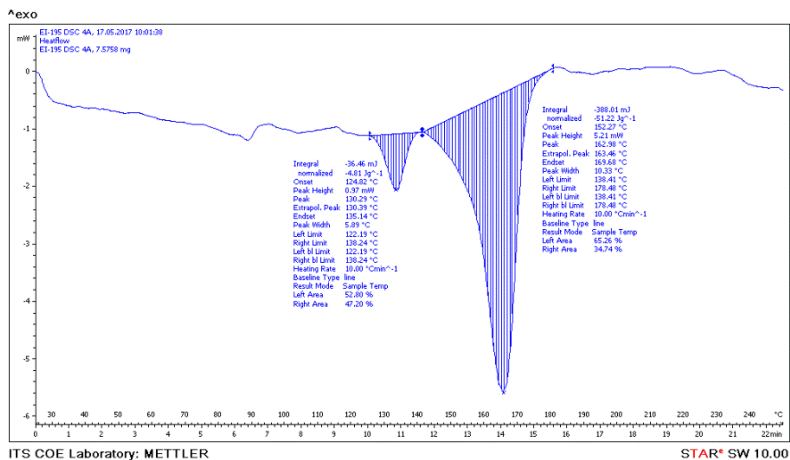
Lampiran 4

Pengukuran Temperatur Leleh Biokomposit D

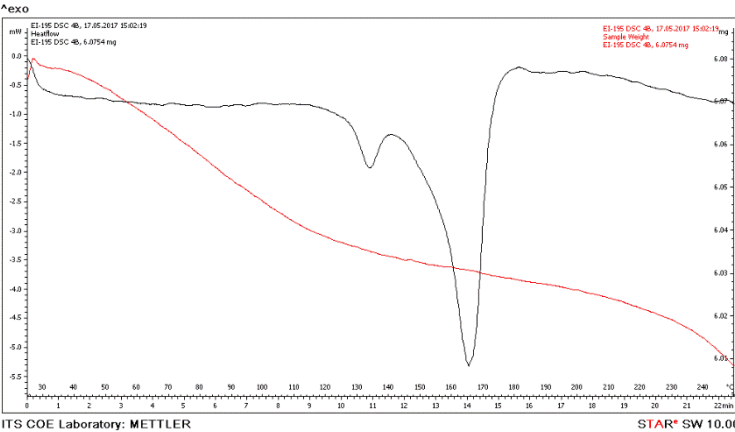
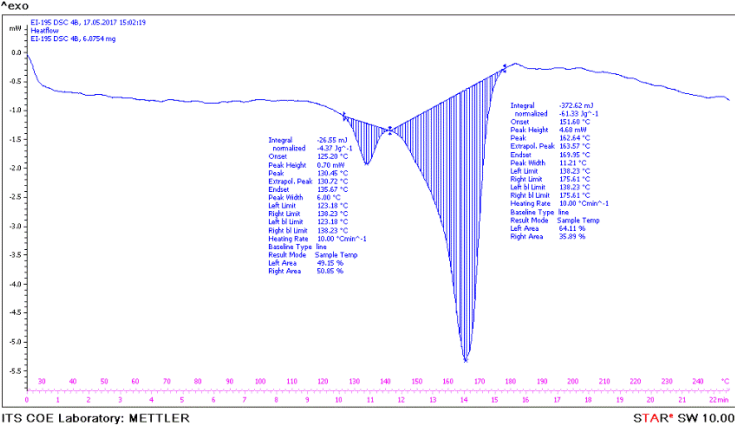
Sampel 1



Sampel 2



Sampel 3



BIODATA PENULIS



Muh. Arif Wisnu Aji lahir di Kabupaten Sukoharjo, 27 Februari 1993. Putra Pertama dari pasangan M. Komarudin dan Sumini. Penulis Menyelesaikan pendidikan formal di TK Al Islam Turen, MI Al Islam Turen, SMPN 1 Tawang Sari dan SMAN Negeri 1 Sukoharjo pada tahun 2011. Setelah tersebut penulis melanjutkan studi di S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,

Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama menempuh pendidikan di ITS penulis mengambil konsentrasi bidang studi Manufaktur dan menjadi anggota serta asisten Lab Perancangan dan Pengembangan Produk. Selama kuliah penulis berusaha aktif baik di dalam kelas maupun di luar kelas. Di luar kelas penulis aktif berorganisasi di tingkat kampus pada Lembaga Dakwah Jurusan, Ash Shaff sebagai anggota serta kepala departemen Pelayanan Umat. Di luar kampus penulis aktif pada Paguyuban Mahasiswa Daerah, IKEMAS Sukoharjo sebagai anggota serta wakil ketua. Selama menempuh pendidikan di Teknik Mesin ITS penulis mendapatkan pengetahuan dan ilmu baru yang bermanfaat. Segala kritik dan saran maupun informasi mengenai Tugas Akhir ini dapat menghubungi penulis melalui e-mail wisnuahmadarifin@gmail.com.